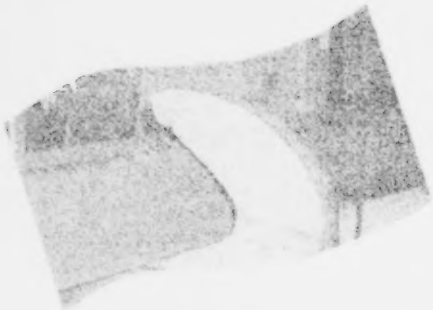
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

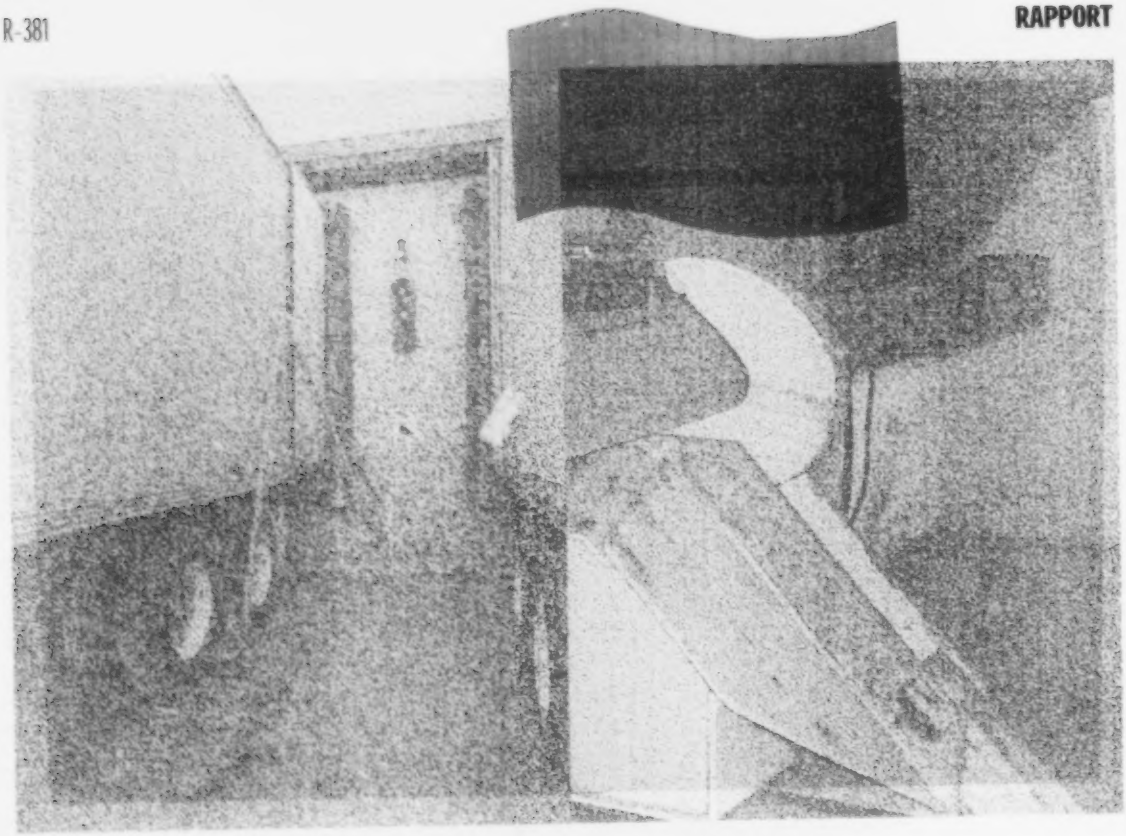


ÉTUDES ET RECHERCHES

François Gauthier
Laurent Giraud
Real Bourbonniere
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Masse

R-381

RAPPORT



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

105-06346/

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

ÉTUDES ET RECHERCHES

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Les entreprises qui utilisent des chariots élévateurs pour charger et décharger des camions aux quais de transbordement connaissent bien le principal danger associé à ce type d'activité, soit que le chariot tombe du quai si le camion s'en éloigne subitement. Cet éloignement peut être causé par plusieurs événements. Le départ inopiné du camion est l'exemple le plus souvent cité et se produit lorsque le camion quitte le quai avant la fin du transbordement. Dans le cas du glissement, le camion ou la semi-remorque peut glisser en raison de la force induite par le freinage du chariot. Lors du basculement d'une semi-remorque, celle-ci pivote autour de ses béquilles, ce qui peut entraîner la chute du chariot du quai. Lorsque le chariot élévateur s'engouffre dans l'espace créé entre le quai et le camion, il est possible qu'il se renverse et éjecte son cariste. Le chariot lui-même ou la marchandise qu'il transporte peuvent alors écraser le cariste et causer des lésions sévères et même la mort. Ainsi, bien que la fréquence de ce type d'accident soit relativement faible, la gravité des conséquences est telle que ce risque est devenu une préoccupation croissante dans plusieurs établissements.

Même si plusieurs mesures de retenue des camions au quai peuvent être utilisées pour réduire les probabilités de ce type d'accident, des quasi-accidents et des accidents impliquant la chute d'un chariot élévateur d'un quai de transbordement se produisent toujours dans les entreprises québécoises. Ceci a entraîné un questionnement du milieu sur l'efficacité de ces différentes mesures selon leur contexte d'utilisation. Ce rapport présente les résultats d'un projet de recherche visant à développer et à valider un outil d'évaluation de la sécurité reliée aux mesures de retenue de camions au quai de transbordement en fonction du contexte particulier du quai et de l'établissement. Cet outil a été développé suite à plusieurs analyses, visites en entreprises et collectes de données dans l'industrie. Il aide l'utilisateur à déterminer si le niveau de sécurité est adéquat et permet de choisir les mesures de retenue qui seront les plus efficaces pour améliorer la sécurité dans un contexte donné. Des fiches de mise en œuvre facilitent la sélection et l'application des mesures, toujours en fonction des conditions du quai et de l'établissement.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 PROBLÉMATIQUE 1
1.2 ÉTAT DES CONNAISSANCES 2
1.2.1 La chute du chariot élévateur du quai : les événements dangereux 2
1.2.2 Description des différentes mesures de retenue 3
1.3 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE 5
1.4 ÉQUIPE DE RECHERCHE 6
1.4.1 Fonctionnement 7

2 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DU PROJET 8

2.1 FAMILIARISATION ET COLLECTE DE DONNÉES 9
2.1.1 Visites exploratoires 9
2.1.2 Visites de collectes de données 9
2.1.3 Enquête postale 9
2.1.4 Rencontre de fabricants et distributeurs de dispositifs de retenue 10
2.2 L'ANALYSE DES RISQUES 10
2.2.1 L'analyse rétrospective 10
2.2.2 L'analyse prospective 11
2.3 VÉRIFICATION ET VALIDATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES RISQUES 11
2.4 DÉVELOPPEMENT DE L'OUTIL 11
2.5 VALIDATION DE L'OUTIL 12

3 RÉSULTATS 13

3.1 BILAN DE LA SITUATION GÉNÉRALE AUX QUAIS DE TRANSBORDEMENT DANS LES ÉTABLISSEMENTS ÉTUDIÉS 13
3.2 RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE RISQUES 14
3.2.1 L'analyse rétrospective 14
3.2.2 L'analyse prospective 21
3.3 RÉSULTATS DES ÉTUDES DE VÉRIFICATION ET DE VALIDATION DES DONNÉES 23
3.3.1 Étude sur la fiabilité des différents dispositifs 23
3.3.2 Modélisation du glissement d'une semi-remorque 24
3.3.3 Modélisation du basculement d'une semi-remorque 25
3.3.4 Modélisation de la résistance à la traction des barres anti-encastrement 28
3.3.5 Modélisation du comportement des cales de roues 31
3.3.6 Essais préliminaires de cales de roues 31
3.3.7 Modélisation des suspensions à air 35
3.4 DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'OUTIL 36
3.4.1 Concepts généraux de l'outil 36
3.4.2 Le questionnaire de caractérisation contextuelle 36
3.4.3 La grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue 38
3.4.4 Les fiches d'information pour la mise en œuvre des mesures 45
3.5 VALIDATION DE L'OUTIL 46

4 DISCUSSION ET CONCLUSION 47

4.1 LIMITES DE L'OUTIL ET APPLICABILITÉ DES RÉSULTATS 47
4.2 SUITE AU PROJET ET RETOMBÉES ENVISAGÉES 47

5 BIBLIOGRAPHIE 49

Annexe A
Grilles de collecte de données utilisées lors des visites sur le terrain.

Annexe B
Résultats détaillés de la grille « rétrospective ».

Annexe C
Résultats des analyses AMDE.

Annexe D
Résultats de l'Arbre des Fautes (ADF).

Annexe E
Rapport : Étude du glissement d'une semi-remorque par modélisation.

Annexe F
Rapport : Étude du basculement d'une semi-remorque.

Annexe G
Rapport : Étude par éléments finis de la résistance des barres anti-encastrement.

Annexe H
Rapport : Étude préliminaire de l'efficacité des cales de roues utilisées pour contrer les risques de départ inopiné et de glissement de la remorque lors des travaux de transbordement.

Annexe I
Exemple d'application de l'outil d'évaluation.

Annexe J
Questionnaire de caractérisation contextuelle.

Annexe K
Description détaillée de la grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue

Annexe L
Fiches de mise en œuvre des mesures de retenue.

Annexe M
Rapport sur l'étude de validation de l'outil d'évaluation.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement 4
Figure 2. Méthodologie générale du projet de recherche 8
Figure 3. Système de signalisation à drapeau 21
Figure 4. Résultats de l'analyse par ADF de la mesure « procédure de tracteur attelé » 23
Figure 5. Forces en jeu lors d'un basculement 26
Figure 6. Modélisation d'une barre de section 4x4 carré en charge 30
Figure 7. Pivotement de la cale 33
Figure 8. Cale réduisant les probabilités de pivotement 33
Figure 9. Cale s'enfonçant dans la chaussée 33
Figure 10. Cale écrasée sous le poids de la roue du camion 34
Figure 11. Rampage de la semi-remorque causé par une suspension à air 36
Figure 12. La grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue 39
Figure 13. Exemple de calcul de dévaluation totale 42
Figure 14. Améliorations maximales et réelles des mesures de retenue 43
Figure 15. Exemple de sélection de mesures de retenue 44
Figure 16. Exemple de résultat final 44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition de l'équipe de recherche 6
Tableau 2. Informations sur les établissements étudiées. 14
Tableau 3. Occurrence des événements à risque dans les établissements étudiés 16
Tableau 4. Efficacité des dispositifs de retenue 17
Tableau 5. Raisons pour lesquelles un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement n'est pas activé 18
Tableau 6. Raisons pour lesquelles les cales manuelles ne sont pas positionnées 19
Tableau 7. Efficacité de la signalisation 20
Tableau 8. Exemple d'une AMDE 22
Tableau 9. Possibilités de basculement en fonction des cas de chargement 27
Tableau 10. Résultats de l'étude de l'ATA 28
Tableau 11. Types de barres anti-encastrement recensés pour la simulation 29
Tableau 12. Résultats de la modélisation du chargement des barres anti-encastrement 30
Tableau 13. Signification des cotes du questionnaire 37
Tableau 14. Exemple d'une question 38
Tableau 15. Règles de dévaluation du potentiel d'applicabilité et d'efficacité des mesures 41

REMERCIEMENTS

Cette étude n'aurait pu voir le jour sans l'apport précieux et généreux de nombreuses entreprises et de nombreuses personnes.

Il nous faut souligner la contribution volontaire, et surtout généreuse, des entreprises qui ont participé à l'étude. Les connaissances acquises par les membres de l'équipe sont le fruit de nombreuses heures consacrées par plusieurs personnes de ces entreprises qui se sont soumises à plusieurs reprises à un véritable bombardement de questions. Nous aimerions souligner l'apport de Alcoa, Alex Coulombe Ltée, Asten Johnson, Beaulieu Canada, Collins & Aikman, Consoltex, Difco, GE Canada, Hafner, Imperial Tobaco Canada Ltée, Jasztex, Kruger Inc., Martel Express, Montpak, Olymel, Papier Rolland, Peinture Benjamim Moore, Produits de Beauté Iris, Provigo, Smurfit MBI, Thomas & Betts, Transport NGD, VA Tech et Vincor. Nous transmettons nos plus chaleureux remerciements à toutes les personnes de ces entreprises qui nous ont aidés.

Nous aimerions aussi remercier le Centre de formation en transport de Charlesbourg pour son excellente collaboration lors des essais sur l'efficacité des cales de roues, essais qui ont été effectués en totalité dans leurs installations.

L'équipe de recherche tient finalement à remercier les membres du comité de suivi – MM. Pierre Boulianne, de l'ASP – Transport et Entreposage, Denis Lincourt, de Préventex, Bernard Paquet, de la CSST et Gervais Saint-Pierre, de l'ASSPPQ; comité qui s'est réuni à plusieurs reprises pour accompagner le processus de recherche. Ce comité nous a notamment « ouvert » les portes de la majorité des entreprises citées ci-dessus.

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique

En raison des exigences fonctionnelles associées à la réception et à la livraison de marchandises, la grande majorité des établissements industriels sont pourvus d'un ou de plusieurs quais de transbordement pour camions. Des recherches antérieures ont permis de constater que la chute ou la quasi-chute d'un chariot élévateur en bas du quai, suite au déplacement soudain du camion, est un événement relativement fréquent dans les établissements industriels (Charron et Gauthier, 1996). La chute d'un chariot du quai ou du camion peut entraîner des blessures graves au cariste dues à l'impact qui en résulte. De plus, il arrive aussi que le chariot se renverse lors de la chute, éjectant ainsi le cariste qui peut ensuite être écrasé par le chariot ou par sa structure de protection. Dans tous les cas, ces accidents ont un potentiel de gravité considérable (Bouliane et Dalière, 1986; IRSST, 1995).

Les statistiques de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) des années 1991-1997 dénombrent au-delà de 5 600 accidents reliés à l'utilisation des chariots élévateurs dont certains sont en lien avec l'utilisation des chariots aux quais de transbordement. *L'Occupational Safety and Health Administration* américaine (OSHA, 1999) mentionne que la banque « OSHA Fatality/Catastrophe Reports[1] » contient 208 cas d'accidents graves de chariots élévateurs survenus entre 1984 et 1991 dont six (2,9 %) sont des chutes du chariot du quai ou du camion. De même, la banque « OSHA Emergency Communication System Reports[2] » détient 247 cas d'accidents graves de chariots survenus entre 1980 et 1991 dont sept (2,8 %) sont causés par des camions non retenus aux quais.

Plusieurs mesures de retenue des camions sont actuellement utilisées dans les établissements dans le but de prévenir les accidents aux quais de transbordement. Traditionnellement, des cales de retenue sont placées sous les roues du camion afin d'empêcher le déplacement. Toutefois, cette mesure nécessite une intervention manuelle pour placer ou enlever les cales. Ces opérations étant parfois contraignantes, il arrive fréquemment qu'elles soient négligées ou oubliées (Charron et Gauthier, 1996). De plus, les cales sont souvent inefficaces pour retenir un camion, par exemple lorsque la semi-remorque est vide ou que le sol est glissant (Benoît et Bélanger, 1997). Ces dernières années, plusieurs autres dispositifs permettant la retenue des camions au quai ont également été mis sur le marché. Le principe de fonctionnement de ces dispositifs est de retenir le camion en s'accrochant à la barre anti-encastrement ou en bloquant les roues. Des systèmes de communication (feux de circulation, alarmes sonores, etc..) sont également utilisés comme mesure de retenue, seule, ou en conjonction avec les systèmes mécaniques. Enfin, dans plusieurs établissements, ce sont des mesures organisationnelles qui assurent la sécurité des travailleurs : procédures d'autorisation de départ pour le camionneur, cadenassage du système de freinage de la semi-remorque, prise des clés du camion, etc..

Après une analyse préliminaire, il s'est avéré qu'aucune étude détaillée n'avait été réalisée afin d'évaluer le niveau réel de sécurité offert par les diverses mesures de retenue mise en oeuvre

[1] OSHA Fatality/Catastrophe Reports : recueil de résultats sommaires d'enquête d'accidents qui ont causé des fatalités, des catastrophes, amputations et hospitalisations de deux jours ou plus, ainsi que des accidents qui ont eu une publicité significative ou qui ont été la cause d'importants dommages matériels.

[2] OSHA Emergency Communication System Reports : système qui requiert de tous les administrateurs régionaux de fournir par téléphone au « National Office », un premier rapport des fatalités, catastrophes et événements importants (comme ceux qui reçoivent une publicité significative).

dans les établissements en tenant compte de leur contexte particulier. Le rapport de l'IRSST *« Dispositifs d'ancrage de camions - recueil d'informations techniques »* (Benoît et Bélanger, 1997) est un inventaire des dispositifs d'ancrage réalisé à la demande de l'Association sectorielle transport et entreposage (ASTE). Toutefois, ce projet n'a pu répondre à l'objectif ultime de cette demande : *« Analyser les différents moyens et dispositifs d'ancrage afin que nous puissions recommander... »* à cause de la grande complexité des différents systèmes, tel que mentionné à la page 10 du rapport. Aucune analyse de l'efficacité et de la fiabilité (d'un point de vue sécurité) de ces mesures de retenue n'a donc été réalisée dans le cadre de cette étude. De plus, certains points soulevés lors de cette étude indiquent que les différentes mesures de retenue des camions étudiées n'offrent pas le même niveau d'efficacité et de fiabilité dans tous les contextes d'utilisation pour prévenir les accidents aux quais de transbordement (Benoît et Bélanger, 1997).

Le présent projet de recherche a donc été entrepris afin de développer un outil systématique et objectif permettant d'évaluer l'efficacité, la fiabilité et la sécurité des diverses mesures de retenue. Cet outil devait permettre de faire un choix éclairé parmi les mesures de retenue existantes en fonction de la sécurité recherchée et des contraintes physiques d'opération et environnementales spécifiques à chaque installation.

1.2 État des connaissances

1.2.1 La chute du chariot élévateur du quai : les événements dangereux

Il y a trois événements dangereux principaux pouvant mener à la chute du chariot du quai de transbordement. Il s'agit du départ inopiné du camion[3], du glissement du camion (ou de la semi-remorque) ou du basculement de la semi-remorque.

Le départ inopiné du camion est l'une des principales causes des accidents (Benoît & Bélanger, 1997). Cette situation se produit lorsque le camion est retiré de sa position au quai par un camionneur ou un gareur avant la fin du transbordement suite à une erreur humaine ou une mauvaise signalisation. À ce sujet, Brittingham (2001) place la faute sur la mauvaise communication entre le camionneur et le contrôleur. Deux autres possibilités coexistent : le gareur ou camionneur retire le mauvais camion du quai, ou replace le camion au cours du transbordement après avoir constaté qu'il était mal positionné (anonyme, 2001), ces situations s'étant déjà présentées.

La semi-remorque peut également se déplacer petit à petit vers l'avant sous l'effet de la force de freinage résultant du mouvement du chariot qui entre et sort de la semi-remorque. Ces petits déplacements qui s'additionnent peuvent être suffisants pour que la lèvre du pont niveleur quitte le plancher de la semi-remorque et tombe, laissant un espace important entre le quai et la semi-remorque. Cet espace peut alors être élargi lorsque les roues du chariot élévateur s'y coincent, entraînant potentiellement la chute du chariot. Trois cas de figures sont présents. D'abord, lorsque le chariot freine à l'intérieur de la semi-remorque, il transfert une partie de son

[3] Afin d'alléger le texte, le mot « camion » sera utilisé pour désigner non seulement l'ensemble tracteur-semi-remorque mais aussi les camions-fourgon surélevés dont la partie de chargement est indissociable de la partie motrice. Les événements dangereux de départ inopiné et de glissement affectent également les ensembles tracteurs-semi-remorques et les camions-fourgon surélevés. Toutefois, le danger de basculement ne concerne uniquement que les semi-remorques lorsqu'elles sont dételées du tracteur.

énergie cinétique à cette dernière, ce qui peut être suffisant pour la faire glisser de quelques centimètres. De plus, lorsque la semi-remorque est détachée du tracteur et/ou que ses freins sont défectueux ou non appliqués, celle-ci peut également rouler sous l'effet de la force créée par le chariot. Ces phénomènes de glissement ou de roulement[4] peuvent être aggravés par une chaussée glissante (en hiver) ou par une chaussée en pente vers l'avant du camion. Comme le rapporte Brittingham (2001), le glissement peut se produire d'un seul coup, mais peut aussi prendre un certain temps, la semi-remorque avançant de quelques centimètres à chaque fois que le chariot s'engage dans la semi-remorque. Le second cas de figure est rapporté par Nelson (1999) sous le vocable de «*ski-slope*», effet qui est créé lorsque le plancher de la semi-remorque est plus bas que le niveau intérieur de l'entrepôt. En descendant dans la semi-remorque, le chariot y frappe systématiquement le plancher. Les efforts générés peuvent alors augmenter les probabilités de glissement. Enfin, les ressorts pneumatiques associés à la géométrie de la suspension peuvent aussi générer un léger avancement de la semi-remorque à chaque entrée du chariot. En effet, lorsque la roue de la semi-remorque est freinée, elle devient solidaire de la suspension. L'affaissement de la suspension dû à l'entrée du chariot dans la semi-remorque entraîne donc une légère rotation vers l'avant de la roue, ce qui peut faire avancer légèrement la semi-remorque.

Le basculement de la semi-remorque se produit uniquement dans le cas d'une semi-remorque qui n'est pas attelée à un tracteur et qui repose sur des béquilles. Deux cas peuvent être observés. Dans le premier cas, la semi-remorque bascule lorsque le centre de gravité du chariot et de sa charge se retrouve en avant des béquilles et que le moment de rotation autour des béquilles généré par la masse combinée du chariot et de la charge est supérieure au moment de rotation autour du même axe généré par la masse de la semi-remorque. Cette possibilité de basculement se rencontre surtout avec des semi-remorques courtes (Nelson, 1999) dont le centre de gravité est naturellement proche des béquilles.

Dans le deuxième cas, lorsqu'une force assez grande est imposée aux béquilles, celles-ci peuvent plier, casser ou retourner à leur position retirée (en cas de défaillance du mécanisme qui retient les béquilles en position). La plupart des béquilles reposent sur des coussinets métalliques et non sur des roues et ne peuvent donc pas glisser facilement vers l'avant lorsqu'une force est appliquée (Schwind, 1994). Il arrive également que les béquilles s'affaissent pendant le basculement de la semi-remorque car elles ne sont plus sollicitées suivant leur axe principal (vertical) mais plutôt perpendiculairement à celui-ci. Lorsque l'une ou les deux béquilles s'affaissent, la semi-remorque peut tomber sur le coté (affaissement d'une seule béquille) ou piquer du nez (affaissement des deux béquilles) (Nelson, 1999).

1.2.2 Description des différentes mesures de retenue

Plusieurs mesures sont utilisées pour retenir le camion au quai de transbordement. Pour ce qui est des dispositifs mécaniques, le rapport de l'IRSST (Benoît et Bélanger, 1997) dresse un inventaire complet des dispositifs de retenue mécanique et contient, en plus, une description détaillée des caractéristiques de chacun des systèmes disponibles sur le marché québécois. On distingue deux principaux types de dispositifs de retenue : les systèmes à cales de roues et

[4] Afin d'alléger le texte, le terme « glissement » sera utilisé dans ce rapport pour décrire non seulement le glissement proprement dit mais également le déplacement par rotation des roues du camion ou de la semi-remorque (roulement).

dans les établissements en tenant compte de leur contexte particulier. Le rapport de l'IRSST *« Dispositifs d'ancrage de camions - recueil d'informations techniques »* (Benoît et Bélanger, 1997) est un inventaire des dispositifs d'ancrage réalisé à la demande de l'Association sectorielle transport et entreposage (ASTE). Toutefois, ce projet n'a pu répondre à l'objectif ultime de cette demande : *« Analyser les différents moyens et dispositifs d'ancrage afin que nous puissions recommander... »* à cause de la grande complexité des différents systèmes, tel que mentionné à la page 10 du rapport. Aucune analyse de l'efficacité et de la fiabilité (d'un point de vue sécurité) de ces mesures de retenue n'a donc été réalisée dans le cadre de cette étude. De plus, certains points soulevés lors de cette étude indiquent que les différentes mesures de retenue des camions étudiées n'offrent pas le même niveau d'efficacité et de fiabilité dans tous les contextes d'utilisation pour prévenir les accidents aux quais de transbordement (Benoît et Bélanger, 1997).

Le présent projet de recherche a donc été entrepris afin de développer un outil systématique et objectif permettant d'évaluer l'efficacité, la fiabilité et la sécurité des diverses mesures de retenue. Cet outil devait permettre de faire un choix éclairé parmi les mesures de retenue existantes en fonction de la sécurité recherchée et des contraintes physiques d'opération et environnementales spécifiques à chaque installation.

1.2 État des connaissances

1.2.1 La chute du chariot élévateur du quai : les événements dangereux

Il y a trois événements dangereux principaux pouvant mener à la chute du chariot du quai de transbordement. Il s'agit du départ inopiné du camion[3], du glissement du camion (ou de la semi-remorque) ou du basculement de la semi-remorque.

Le départ inopiné du camion est l'une des principales causes des accidents (Benoît & Bélanger, 1997). Cette situation se produit lorsque le camion est retiré de sa position au quai par un camionneur ou un gareur avant la fin du transbordement suite à une erreur humaine ou une mauvaise signalisation. À ce sujet, Brittingham (2001) place la faute sur la mauvaise communication entre le camionneur et le contrôleur. Deux autres possibilités coexistent : le gareur ou camionneur retire le mauvais camion du quai, ou replace le camion au cours du transbordement après avoir constaté qu'il était mal positionné (anonyme, 2001), ces situations s'étant déjà présentées.

La semi-remorque peut également se déplacer petit à petit vers l'avant sous l'effet de la force de freinage résultant du mouvement du chariot qui entre et sort de la semi-remorque. Ces petits déplacements qui s'additionnent peuvent être suffisants pour que la lèvre du pont niveleur quitte le plancher de la semi-remorque et tombe, laissant un espace important entre le quai et la semi-remorque. Cet espace peut alors être élargi lorsque les roues du chariot élévateur s'y coincent, entraînant potentiellement la chute du chariot. Trois cas de figures sont présents. D'abord, lorsque le chariot freine à l'intérieur de la semi-remorque, il transfert une partie de son

[3] Afin d'alléger le texte, le mot « camion » sera utilisé pour désigner non seulement l'ensemble tracteur-semi-remorque mais aussi les camions-fourgon surélevés dont la partie de chargement est indissociable de la partie motrice. Les événements dangereux de départ inopiné et de glissement affectent également les ensembles tracteurs-semi-remorques et les camions-fourgon surélevés. Toutefois, le danger de basculement ne concerne uniquement que les semi-remorques lorsqu'elles sont dételées du tracteur.

énergie cinétique à cette dernière, ce qui peut être suffisant pour la faire glisser de quelques centimètres. De plus, lorsque la semi-remorque est détachée du tracteur et/ou que ses freins sont défectueux ou non appliqués, celle-ci peut également rouler sous l'effet de la force créée par le chariot. Ces phénomènes de glissement ou de roulement[4] peuvent être aggravés par une chaussée glissante (en hiver) ou par une chaussée en pente vers l'avant du camion. Comme le rapporte Brittingham (2001), le glissement peut se produire d'un seul coup, mais peut aussi prendre un certain temps, la semi-remorque avançant de quelques centimètres à chaque fois que le chariot s'engage dans la semi-remorque. Le second cas de figure est rapporté par Nelson (1999) sous le vocable de «*ski-slope*», effet qui est créé lorsque le plancher de la semi-remorque est plus bas que le niveau intérieur de l'entrepôt. En descendant dans la semi-remorque, le chariot y frappe systématiquement le plancher. Les efforts générés peuvent alors augmenter les probabilités de glissement. Enfin, les ressorts pneumatiques associés à la géométrie de la suspension peuvent aussi générer un léger avancement de la semi-remorque à chaque entrée du chariot. En effet, lorsque la roue de la semi-remorque est freinée, elle devient solidaire de la suspension. L'affaissement de la suspension dû à l'entrée du chariot dans la semi-remorque entraîne donc une légère rotation vers l'avant de la roue, ce qui peut faire avancer légèrement la semi-remorque.

Le basculement de la semi-remorque se produit uniquement dans le cas d'une semi-remorque qui n'est pas attelée à un tracteur et qui repose sur des béquilles. Deux cas peuvent être observés. Dans le premier cas, la semi-remorque bascule lorsque le centre de gravité du chariot et de sa charge se retrouve en avant des béquilles et que le moment de rotation autour des béquilles généré par la masse combinée du chariot et de la charge est supérieure au moment de rotation autour du même axe généré par la masse de la semi-remorque. Cette possibilité de basculement se rencontre surtout avec des semi-remorques courtes (Nelson, 1999) dont le centre de gravité est naturellement proche des béquilles.

Dans le deuxième cas, lorsqu'une force assez grande est imposée aux béquilles, celles-ci peuvent plier, casser ou retourner à leur position retirée (en cas de défaillance du mécanisme qui retient les béquilles en position). La plupart des béquilles reposent sur des coussinets métalliques et non sur des roues et ne peuvent donc pas glisser facilement vers l'avant lorsqu'une force est appliquée (Schwind, 1994). Il arrive également que les béquilles s'affaissent pendant le basculement de la semi-remorque car elles ne sont plus sollicitées suivant leur axe principal (vertical) mais plutôt perpendiculairement à celui-ci. Lorsque l'une ou les deux béquilles s'affaissent, la semi-remorque peut tomber sur le coté (affaissement d'une seule béquille) ou piquer du nez (affaissement des deux béquilles) (Nelson, 1999).

1.2.2 Description des différentes mesures de retenue

Plusieurs mesures sont utilisées pour retenir le camion au quai de transbordement. Pour ce qui est des dispositifs mécaniques, le rapport de l'IRSST (Benoît et Bélanger, 1997) dresse un inventaire complet des dispositifs de retenue mécanique et contient, en plus, une description détaillée des caractéristiques de chacun des systèmes disponibles sur le marché québécois. On distingue deux principaux types de dispositifs de retenue : les systèmes à cales de roues et

[4] Afin d'alléger le texte, le terme « glissement » sera utilisé dans ce rapport pour décrire non seulement le glissement proprement dit mais également le déplacement par rotation des roues du camion ou de la semi-remorque (roulement).

les systèmes avec dispositif d'arrimage à la barre anti-encastrement, appelées aussi barre ICC[5].

Les systèmes à cales de roue sont simplement constitués d'une cale que l'on positionne devant une des roues arrières du camion. Traditionnellement mis en place manuellement par le conducteur du camion, ce système est de loin le plus répandu dans les établissements québécois. Toutefois, tel que mentionné précédemment, les opérations de mise en place et d'enlèvement des cales étant parfois contraignantes, en raison notamment des conditions climatiques ou des contraintes de temps, il arrive qu'elles soient oubliées ou négligées. Pour réduire les risques d'oubli, des systèmes de surveillance et de communication permettant de donner un signal visuel et/ou sonore, ou même d'empêcher la mise en place du pont de liaison entre le camion et le quai lorsque la cale n'est pas en place, ont été développés.

Par ailleurs, les cales installées manuellement sont parfois difficiles à enlever après le chargement du camion car le pneu y applique une force importante en se déformant. Des systèmes de retenue des roues qui se positionnent mécaniquement par la simple activation d'une commande ont également été proposés, permettant de réduire les contraintes et les risques associés à la mise en place et à l'enlèvement des cales manuelles.

Les systèmes avec dispositif d'arrimage à la barre anti-encastrement (voir figure 1) fonctionnent essentiellement sur le même principe. Une fois le camion en place, une tige, un crochet ou un bras basculant vient retenir ou se placer devant la barre anti-encastrement. Ces systèmes compensent généralement l'affaissement de la suspension dû à la charge et aux déplacements du chariot (entrée et sortie, freinage, etc.).

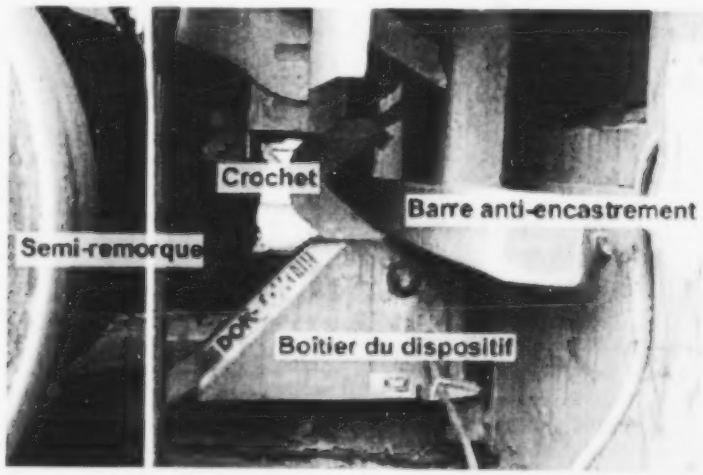


Figure 1. Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement

[5] La barre anti-encastrement (ou barre ICC) est une structure métallique fixée à l'Arrière de la semi-remorque qui est conçue pour éviter que les véhicules automobiles qui percutent le camion par l'arrière glissent sous celui-ci. Cette barre est donc conçue pour se déformer et résister à une force de poussée par impact et non pas à une force de traction. ICC : Interstate Commerce Commission : organisme du gouvernement fédéral américain et dissout en 1995 au profit du Department of Transport (DOT).

Des systèmes de surveillance et d'information peuvent être associés à tous les types de dispositifs disponibles sur le marché (cales manuelles ou mécaniques, dispositifs d'arrimage à la barre anti-encastrement). Reliés au module de commande des systèmes, ils assurent la surveillance de certains paramètres fonctionnels des dispositifs de retenue (auto diagnostic, position des éléments mobiles, etc.) et gèrent les fonctions de communication avec les divers éléments du quai (pont de liaison, porte, etc.). De plus, ils informent le cariste et le camionneur de l'état du système et des anomalies détectées et assurent la communication entre ceux-ci.

La majorité des établissements ont en place une communication plus ou moins formelle entre le cariste et le camionneur. Ces mesures procédurales comprennent entre autres l'échange de documents et la communication verbale directe entre le cariste ou le responsable des activités de transbordement et le camionneur. On retrouve aussi, mais plus rarement, des mesures qui comprennent entre autre la retenue des clés du camion ou le cadenassage des boyaux qui commande le relâchement des freins de la semi-remorque.

En ce qui a trait à la prévention du basculement de la semi-remorque, outre le maintien du tracteur attelé à la semi-remorque, certains établissements ont recours à des chandelles de support spécialement conçues à cette fin. Dans d'autres cas, des mesures procédurales sont mises en œuvre afin d'éviter que les plus gros chariots n'entrent dans les semi-remorques les plus courtes, qui sont nettement plus sujettes au basculement que les semi-remorques plus longues.

1.3 Objectifs de la recherche

Mis à part les cales manuelles et les mesures organisationnelles (procédurales), les dispositifs de retenue disponibles sur le marché sont encore relativement peu répandus dans les établissements industriels. On dénote toutefois une certaine tendance vers l'implantation à plus grande échelle de ces mesures de sécurité. Or, les personnes responsables de la sélection de ces mesures pour leurs établissements n'ont pas de méthodes pour évaluer le niveau de sécurité des mesures qu'ils comptent acquérir et/ou mettre en oeuvre. En plus de prendre en compte des critères de choix fonctionnels, plusieurs paramètres doivent être considérés et dans la grande panoplie des mesures existantes, il devient difficile de discerner les mesures qui seront effectivement sécuritaires dans un contexte donné.

Les études antérieures menées par l'Institut n'avaient pas pour objectifs de réaliser des analyses détaillées de la sécurité des mesures de retenue existantes. De plus, à notre connaissance, aucune autre étude n'a été menée sur le sujet. Plusieurs questions restent donc sans réponse quant à l'adéquation, du point de vue de la sécurité, entres les diverses mesures de retenue et les contextes inhérents à chaque établissement. Ces informations sont pourtant essentielles afin que les personnes chargées de la sélection et de la mise en oeuvre de ces mesures puissent faire des choix éclairés et implanter des mesures de sécurité sûres et fiables.

L'objectif principal de ce projet de recherche était donc de développer et de valider un outil d'évaluation de la sécurité relié aux mesures de retenue de camions au quai de transbordement. Cet objectif principal est basé sur la prémisse qu'il sera possible, pour une personne adéquatement initiée à l'outil développé, de procéder à une évaluation fiable des divers types de mesures qui lui seront soumis ainsi que de formuler des critères et des recommandations précis pour la mise en oeuvre de ces mesures pour un contexte donné.

L'outil d'évaluation développé dans le cadre de cette étude devait répondre à deux critères incontournables. Il devait d'abord permettre de réaliser une évaluation juste avec des résultats valides pour les différents types de mesures utilisées dans plusieurs contextes différents. Il devait ensuite être adapté aux besoins des personnes qui l'utiliseront, c'est-à-dire les personnes qui participeront à la sélection et à la mise en œuvre des mesures de retenue dans des établissements industriels et commerciaux et aussi par les autres intervenants appelés à accompagner ces personnes dans les choix qu'ils auront à faire (par exemple, des inspecteurs de la CSST ou des personnes-ressources issues de divers organismes paritaires, patronaux ou syndicaux voués à la santé et à la sécurité du travail). À cet égard, l'outil conçu devait être relativement simple d'apprentissage et d'utilisation. Il devait également être efficace et permettre des évaluations rapides et sans l'apport d'analyses supplémentaires ou d'essais approfondis. L'outil devait également être conçu pour que sa diffusion puisse se faire rapidement et à grande échelle, moyennant les quelques mises en forme et le développement de la formation spécifique nécessaire à sa bonne application.

Il est important de souligner que l'outil vise à faire un choix éclairé parmi les mesures de retenue existantes en fonction de la sécurité recherchée ainsi que des contraintes d'opération et environnementales spécifiques à chaque installation. Il n'a donc pas été conçu pour faire un classement global et hors contexte des différents systèmes de retenue disponibles sur le marché en fonction de paramètres de sécurité prédéterminés; ce genre de classement pouvant injustement favoriser certains systèmes et en rejeter certains autres.

La présente étude a porté tant sur les aspects techniques qu'organisationnels des mesures de retenue pouvant avoir un impact sur la sécurité. Les défaillances des dispositifs mécaniques de même que leurs relations avec leur environnement d'utilisation (caractéristiques du quai, types de semi-remorques ou camion, conditions climatiques, etc.), ainsi que les interactions systémiques entre les personnes et les différentes mesures de retenue ont été particulièrement scrutées.

1.4 Équipe de recherche

L'équipe de recherche formée pour ce projet était composée de cinq chercheurs, un technicien et un étudiant de la maîtrise en génie industriel (concentration sécurité et hygiène industrielles) de l'UQTR. Les membres de l'équipe ont été sélectionnés en fonction de leurs compétences spécifiques. Le tableau 1 résume la composition de l'équipe de recherche.

Tableau 1. Composition de l'équipe de recherche

Nom et institution		Fonction dans le projet
François Gauthier	UQTR	Chercheur responsable. Ingénieur et spécialiste en analyse de risques.
Laurent Giraud	IRSST	Chercheur stagiaire co-responsable à l'IRSST à partir de juin 2002. Ingénieur et spécialiste en fiabilité et maintenance.
Serge Massé	IRSST	Chercheur co-responsable à l'IRSST jusqu'en mai 2002. Ingénieur et spécialiste en sécurité des machines (mécanique).
Jean-Guy Richard	IRSST	Chercheur. Ingénieur et ergonome.
Réal Bourbonnière	IRSST	Ingénieur et spécialiste en sécurité des machines (commandes).
Renaud Daigle	IRSST	Technicien.
Sylvain Bournival	UQTR	Étudiant gradué.

1.4.1 Fonctionnement

L'équipe de recherche avançait dans ses travaux en se réunissant environ une fois à toutes les trois semaines. Lors de chaque réunion, chacun des membres se voyait assigner une tâche à accomplir pour la prochaine réunion. Pendant la phase de collecte de données et d'analyse de risque, les réunions consistaient à expliquer aux autres membres les résultats des recherches de chaque chercheur, ces informations étaient discutées puis de nouvelles tâches étaient assignées à la lumière des données acquises et de la méthodologie du projet. Pendant la phase de création et de validation de l'outil, les réunions étaient surtout axées sur la sélection des différents paramètres de l'outil.

Plusieurs établissements ont été visités au cours du projet. Dans la majorité des cas, deux ou trois membres de l'équipe de recherche participaient à ces visites. À quelques occasions, un membre du comité de suivi du projet (dont il sera question au chapitre suivant) accompagnait les chercheurs.

Différentes modélisations ont été réalisées par les membres de l'équipe ou par des étudiants en ingénierie sous la supervision directe des membres de l'équipe. Des essais de cales de roues sur le terrain ont été réalisés par deux des membres de l'équipe dans les installations du Centre de formation en transport de Charlesbourg.

2 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DU PROJET

La réalisation de ce projet de recherche comportait cinq grandes étapes qui sont représentées à la figure 2. Il est pertinent de mentionner que ce projet jouissait du support d'un comité de suivi composé de divers intervenants issus de la CSST et d'associations en santé et sécurité (l'Association de santé et de sécurité des pâtes et papiers du Québec (ASSPPQ), l'Association sectorielle paritaire du secteur des textiles (Préventex) et l'Association sectorielle paritaire du secteur transport et entreposage (ASTE)). Ce comité avait pour mandat de recevoir et de commenter les résultats de la recherche au fur et à mesure de son avancement, d'orienter les chercheurs tout au long de la démarche en fonction de leurs besoins spécifiques et de mettre en contact les chercheurs avec les établissements pour la collecte de données. Cinq réunions du comité ont été tenues à des points stratégiques de l'avancement du projet, tel que le montre la figure 2.

Les principales étapes de la démarche de ce projet sont détaillées aux sections suivantes.

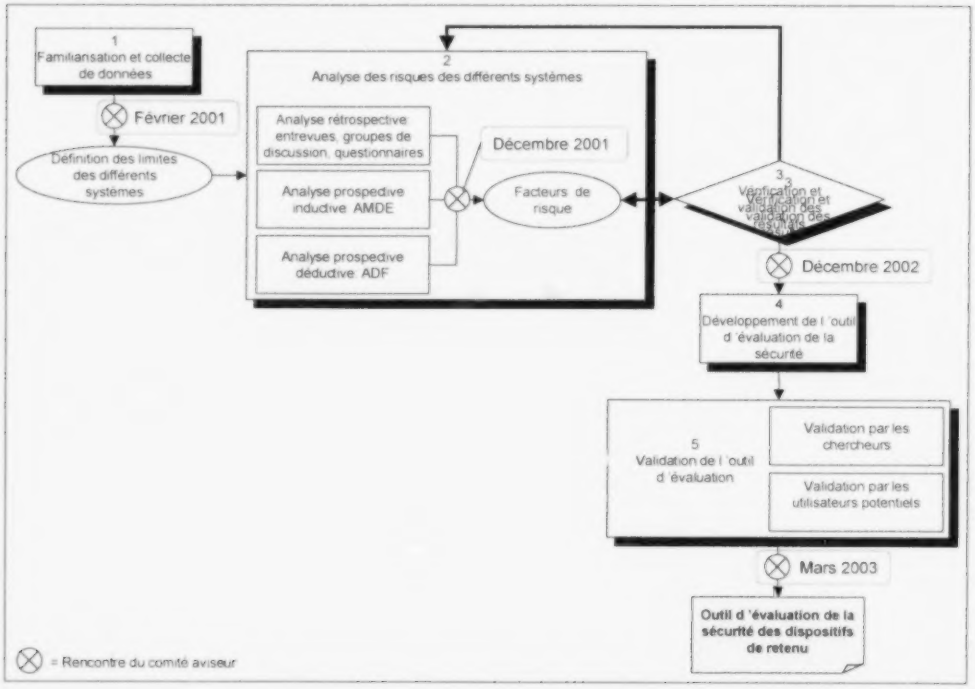


Figure 2. Méthodologie générale du projet de recherche

2.1 Familiarisation et collecte de données

Cette première étape était essentielle à la démarche d'analyse des risques. Il s'agissait pour les chercheurs de se familiariser avec les différentes mesures utilisées dans les établissements et de recueillir des informations servant à alimenter l'analyse proprement dite.

2.1.1 Visites exploratoires

Quatre visites exploratoires ont d'abord permis aux chercheurs de mieux apprécier les différents systèmes mécaniques actuellement en opération. Les informations préliminaires obtenues, associées à celles issues de l'analyse de la littérature, ont servi à développer une catégorisation générale des mesures de retenue ainsi que des classes et sous-classes en fonction de leurs concepts. Les différentes possibilités de combinaison des différentes mesures de retenue ont également été déterminées. Cette étape a servi à recueillir des informations préliminaires afin de préparer les grilles de collecte de données qui ont été utilisées dans les analyses subséquentes.

2.1.2 Visites de collectes de données

Dix établissements où étaient utilisés divers systèmes de retenue mécanique (allant de la simple cale au dispositif automatique d'accrochage de la barre anti-encastrement) ont été visités. Ces établissements ont servi de site d'observation pour la collecte de données et les analyses subséquentes. Dans chacun de ces établissements, des observations sur le terrain, des entrevues semi-dirigées et la cueillette de documents ont été utilisées comme techniques de collecte de données.

Les informations recueillies à l'étape des visites exploratoires ont permis de développer cinq grilles spécifiques qui ont été utilisées pour la collecte de données. Ces grilles permettaient de recueillir les informations relatives aux établissements (taille, activité, etc.), aux incidents et accidents qui étaient survenus dans les dernières années aux quais de transbordement, à la description des quais (nombre de portes, hauteur, emplacement, etc.), aux mesures de retenue utilisées (cales, crochets, lumières, etc.) et enfin, aux mesures organisationnelles mises en œuvre. Ces grilles ont constitué les outils de base pour la collecte de données.

À quelques exceptions près, chaque établissement était visité à trois occasions. Deux ou trois chercheurs participaient à chaque visite et chacune d'elles durait normalement de deux à quatre heures. La première visite consistait à établir le contact avec les personnes clés de l'établissement et les responsables des quais de transbordement, ainsi qu'à recueillir les données de base sur l'établissement (grille « Établissement »). La seconde visite était consacrée à la collecte de données sur les quais et les dispositifs de retenue (grilles « Environnement quai » et « Dispositif »). Enfin, la troisième visite servait à recueillir les données sur l'aspect organisationnel et sur les accidents et incidents antérieurs (grilles « Perspective utilisateur » et « Rétrospective »). Un exemplaire de chacune de ces grilles est présenté à l'annexe A.

2.1.3 Enquête postale

Parallèlement aux observations sur le terrain, une enquête postale a été effectuée auprès de 92 établissements dont les coordonnées avaient été fournies par les représentants des

associations industrielles siégeant sur le comité de suivi du projet. Cette enquête a été échelonnée de l'été 2001 à l'été 2002. Le questionnaire utilisé était basé sur la grille « Rétrospective » utilisée lors des observations sur le terrain. Les informations recueillies concernaient essentiellement les mesures de retenue utilisées, les accidents et incidents qui se sont produits dans ces établissements relativement aux activités du quai de transbordement ainsi qu'un aperçu global des facteurs de risque les plus fréquents ainsi que leurs occurrences. Suite à un rappel téléphonique, 32 établissements ont répondu à cette enquête, permettant d'obtenir un taux de réponse de 34.8 %.

2.1.4 Rencontre de fabricants et distributeurs de dispositifs de retenue

Les représentants des principaux distributeurs québécois de dispositifs de retenue mécanique ont été rencontrés. Ces rencontres avaient pour but de mieux comprendre les particularités de chaque type de systèmes de retenus mécanique. Dans certains cas, des détails techniques sur la conception de ces systèmes ont été recueillis.

2.2 L'analyse des risques

L'outil d'évaluation a été développé sur la base d'une analyse de risques associée à l'application des différentes mesures de retenue. Cette analyse tenait compte des caractéristiques des différentes mesures en relation avec leur environnement (caractéristiques du quai, types de semi-remorques ou camion, conditions climatiques, etc.) et des interactions entre les personnes et ces mesures. Des facteurs de risque ont été identifiés et associés aux caractéristiques conceptuelles des différentes mesures. À partir des facteurs de risque identifiés, des paramètres définissant l'efficacité et la fiabilité des mesures et des regroupements de mesures ont été définis afin de développer l'outil d'évaluation.

Les informations recueillies précédemment lors des visites, de l'enquête postale et des rencontres avec les fabricants et les distributeurs ainsi que la détermination des limites ont permis aux chercheurs de lancer l'analyse des risques proprement dite, qui constituait le cœur de ce projet de recherche. Cette analyse a été réalisée en utilisant deux approches distinctes : l'analyse rétrospective et l'analyse prospective.

2.2.1 L'analyse rétrospective

L'analyse rétrospective utilise l'historique du système à analyser pour identifier les dangers connus ainsi que leurs causes. Elle a donc pour objectifs de répertorier les événements dangereux qu'un système a engendré dans le passé et d'identifier les causes réelles (connues) de ces événements. Cette analyse, qui s'apparente à une enquête, n'est évidemment applicable qu'à des systèmes bien connus et utilisés depuis un certain temps. En utilisant les données recueillies via les visites et l'enquête postale, les chercheurs ont donc procédé à l'analyse des informations sur :

- les accidents, incidents et risques encourus dans le passé;
- les défaillances survenues dans le passé (circonstances, conditions environnementales, pièces défaillantes, etc.);
- la fiabilité des différents systèmes;
- les principaux facteurs humains reliés aux accidents et incidents passés;

- les principaux facteurs externes responsables des défaillances des systèmes existants (environnement, camion ou semi-remorque, barre anti-encastrement, etc.).

Ces données ont servi à définir une base de données de facteurs de risque pour lesquels les chercheurs ont établi une évaluation de leur fréquence d'occurrence. Ces facteurs de risque ont ensuite été introduits dans un modèle d'analyse des risques sous forme d'arbre des fautes de façon à ce que les causes mêmes de ces facteurs de risque puissent être analysées.

2.2.2 L'analyse prospective

Les analyses prospectives sont plus théoriques et orientées sur les dangers potentiels (et leurs causes) que peut présenter un système quelconque. On distingue deux modes spécifiques pour l'analyse prospective : l'analyse prospective inductive et l'analyse prospective déductive.

Les analyses prospectives inductives (des causes vers les effets) débutent généralement par l'identification des possibilités de défaillance des éléments d'un système (humains, machines, procédés, procédures, logiciels, etc.). Les analystes étudient ensuite les effets de ces défaillances (ou facteurs de risque) sur l'ensemble du système et les événements dangereux qui en découlent. L'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) a été utilisée pour réaliser des analyses prospectives inductives de l'application des différentes mesures de retenue.

L'AMDE est cependant une méthode de base utilisée pour les analyses grossières et devait être complétée par des analyses prospectives déductives, notamment pour l'étude des défaillances multiples et des effets séquentiels. Les analyses prospectives déductives (des effets vers les causes) débutent par la définition des événements ou situations critiques non désirables pouvant impliquer un système, et se poursuivent par la recherche des causes de ces événements. Suivant cette logique, c'est la méthode de l'arbre des fautes (ADF) qui a été utilisée pour compléter l'analyse des risques des mesures de retenue.

Ces analyses ont été réalisées par les membres de l'équipe de recherche en équipes restreintes de deux à quatre personnes.

2.3 Vérification et validation des résultats de l'analyse des risques

Les analyses détaillées des risques réalisées sur les mesures de retenue existantes ont nécessité des observations et des cueillettes de données régulières sur le terrain. Certaines informations et hypothèses ont dû notamment être confirmées par les utilisateurs de ces systèmes et/ou par leurs fabricants. De plus, il a également été nécessaire de procéder à certaines analyses techniques plus détaillées permettant de valider et de vérifier la justesse de l'analyse. Entre autres, il fut nécessaire pour les chercheurs de déterminer l'impact réel (probabilité d'occurrence et effets) de certains facteurs de risque identifiés (comme par exemple, l'efficacité réelle des cales de roues sur un sol glacé).

2.4 Développement de l'outil

Les résultats de l'analyse des risques réalisée à l'étape précédente ont servi directement à l'élaboration de l'outil d'évaluation de la sécurité des mesures de retenue. C'est à partir des

facteurs de risque identifiés durant l'étape précédente de la recherche qu'à pu être élaboré l'outil. Il s'agissait essentiellement de transposer les résultats de l'analyse des risques dans une structure logique, permettant à un évaluateur formé d'évaluer le niveau de sécurité d'un contexte donné, en considérant l'apport sécuritaire de mesures de retenue actuelles ou envisagées.

Plusieurs concepts d'outil ont été proposés par les membres de l'équipe de recherche, la plupart sur la base de matrices décisionnelles paramétrées. Afin d'obtenir un outil d'évaluation à la fois fiable et d'un niveau de complexité modéré, les chercheurs ont confronté ces concepts à des critères de logique et de convivialité de la démarche. Ces évaluations ont été réalisées lors de plusieurs rencontres impliquant l'ensemble de l'équipe de recherche. Les éléments pertinents des différents concepts évalués ont été graduellement rassemblés dans un concept d'outil final. Par la suite, des améliorations tant sur le plan de la forme que sur les paramètres d'évaluation contenus dans l'outil ont été apportées par l'équipe de recherche. L'expertise en ergonomie ainsi qu'en analyse de risque des membres de l'équipe de recherche a été particulièrement mise à contribution pour compléter le développement et l'optimisation de l'outil.

2.5 Validation de l'outil

L'outil d'évaluation développé a été soumis à une phase de validation afin de s'assurer qu'il permettait effectivement de réaliser une évaluation juste et suffisante de la sécurité des différentes mesures de retenues. L'outil a été testé lors de l'évaluation de douze installations existantes dans des établissements ciblés. Ces établissements ont été choisis pour leurs différences contextuelles au niveau des activités de transbordement ainsi que pour obtenir une certaine variété au niveau des mesures de retenue en place. Chaque visite de validation durait de deux à trois heures et permettait d'appliquer l'outil d'évaluation à un quai de transbordement et d'obtenir des informations sur l'historique du quai, incluant la description des éventuels incidents et d'accidents s'y étant produits. Une brève présentation des résultats de l'évaluation était ensuite faite au responsable du quai désigné par l'établissement.

Cette validation ne visait pas à évaluer le degré de convivialité de l'outil avec des utilisateurs potentiels. Toutefois, quelques membres du comité de suivi du projet, eux-mêmes des utilisateurs potentiel de l'outil, ont participés à plusieurs de ces évaluations. Ceci a permis aux membres du comité de suivi de se familiariser avec l'outil dans son application à un cas réel. La présence de membres du comité de suivi lors des visites de validation de l'outil a aussi permit de bénéficier d'avis d'experts qui ont servi à l'ajustement final de l'outil.

3 RÉSULTATS

3.1 Bilan de la situation générale aux quais de transbordement dans les établissements étudiés

Dix établissements ont été visités, chacun à deux ou trois reprises par différents membres de l'équipe de recherche. Dans chaque cas, les cinq grilles de collecte de données ont été complétées lors de ces visites. La grille «établissement» permettait de recueillir des informations sur l'établissement alors que la grille «perspective utilisateur» rassemblait des informations sur les procédures et sur la perception du risque par les gens concernés par le transbordement. La grille «environnement quai» regroupait toutes les informations concernant les quais de l'établissement, par exemple les dimensions, le type et l'état de la cour, etc.. La grille «dispositif de retenue» rassemblait les informations sur les différents dispositifs de retenue utilisés par l'établissement, leurs dimensions, les systèmes de signalisation et d'alarmes, leur mode de fonctionnement, leur séquence logique d'opération, etc.. Enfin, la grille «rétrospective», identique à celle utilisée pour l'enquête postale, permettait de recueillir des informations sur les événements (accidents et incidents) survenus à l'établissement ainsi que sur l'efficacité des mesures en place.

Aux données recueillies dans ces dix établissements sont venues s'ajouter celles de l'enquête postale à laquelle ont répondu 32 établissements. Ces informations ont été utilisées pour dresser le bilan de la situation générale des quais de transbordement. Elles ont également alimenté l'analyse de risques et permis de tester les versions préliminaires de l'outil.

Sans permettre de réaliser des analyses statistiques détaillées, les données recueillies ont permis de préciser le profil des établissements étudiés ainsi que les différentes mesures de sécurité utilisées et les situations rencontrées. Sur les 42 établissements pour lesquels des données complètes ont été compilées, 40 comptaient entre 75 et 200 employés, donc majoritairement des PME. Dans près de la moitié de ces établissements (22), le sol de la cour était plat. Dans le même nombre d'établissements, un gareur (c'est-à-dire une personne spécifiquement attitrée au placement et au retrait des semi-remorques) assuraient le déplacement des semi-remorques. Le trafic journalier moyen aux quais variait considérablement entre les établissements, de moins de 5 camions pour l'un d'entre eux à plus de 51 pour 4 établissements. L'arrivée des camions était uniformément répartie sur le quart de travail dans 26 établissements, mais 11 ont signalé des pointes d'achalandage importantes. Le tableau 2 présente une série d'informations complétant ce bilan.

Des informations sur huit types de mesures de retenue ont été demandées. Trois d'entre-elles (le cadenassage[6] des boyaux d'air du système de freins de la semi-remorque, la prise des clefs et les dispositifs de retenue automatique des roues) n'étaient pas utilisées par les établissements sondés. Les cinq types de mesures utilisés dans ces établissements sont : les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, les cales manuelles, les cales à détection de positionnement et plaque de retenue[7], la signalisation visuelle et l'alarme sonore. Les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement étaient les mieux représentés, avec 36

[6] Deux établissements ont rapporté utiliser cette procédure, cependant après confirmation il s'est avéré qu'ils confondaient celle-ci avec une autre ou qu'ils ne l'utilisaient pas.

[7] Dans le questionnaire cette mesure portait le nom de : dispositif de retenue à cale de roue à positionnement mécanique.

établissements rapportant utiliser ces dispositifs, pour un total de 298 portes de quais équipés. Ces dispositifs sont généralement assez récents, la moyenne d'âge de ceux-ci se situant entre 4 et 5 ans. La grande majorité de ces systèmes sont utilisés en association avec un système de signalisation visuelle. Les cales manuelles sont également très répandues, 25 établissements ont rapporté les utiliser. Dans ce cas-ci, seulement deux d'entre eux rapportent que leurs cales sont reliées à un système de signalisation visuelle. Pour ce qui est des cales à détection de positionnement et plaque de retenue, quatre établissements ont rapporté les utiliser, toutes en association avec un système de signalisation visuelle. Bien qu'il existe des systèmes de signalisation visuelle indépendants, tous ceux recensés dans l'étude étaient reliés à un dispositif de retenue mécanique quelconque. Il en était de même dans les cinq établissements où les quais étaient équipés d'alarmes sonores.

Tableau 2. Informations sur les établissements étudiés.

Questions	Énoncé	Nb d'établissements	Énoncé	Nb d'établissements	Énoncé	Nb d'établissements	Énoncé	Nb d'établissements	Énoncé	Nb d'établissements
Nombre de caristes affectés aux quais de transbordement	1 à 2	0	3 à 5	4	6 à 10	7	11 à 20	6	21 et plus	18
Capacité nominale des chariots-élévateurs (1000 lbs)	1 à 3	3	3 à 5	7	5 à 10	7	10 à 15	7	+ de 15	7
Achalandage dans un quart de travail	Réparti	26	Bourrées	11	Concentré	1				
Proportion des camions et semi-remorques avec une barre anti-encastrement	- de 25%	2	25 - 50%	0	50 - 75%	6	75 - 90%	8	90 % et +	20
Proportion des camions et semi-remorques qui ont une barre anti-encastrement en mauvais état	- de 25%	31	26 - 50%	1	50 - 75%	0	75 - 90%	0	90 % et +	0
Proportion des semi-remorques transbordées avec le tracteur attelé	- de 25%	19	27 - 50%	3	50 - 75%	6	75 - 90%	2	90 % et +	11

3.2 Résultats de l'analyse de risques

3.2.1 L'analyse rétrospective

L'analyse rétrospective a été réalisée via les informations recueillies à l'aide de la grille « rétrospective » qui a été utilisée pour l'enquête postale ainsi que lors des dix visites de collecte de données sur le terrain. Ce questionnaire était divisé en trois parties, soit les caractéristiques des établissements répondants au questionnaire, les événements (accidents et incidents) s'y étant produits et les informations pertinentes aux dispositifs de retenue. L'annexe B présente les résultats détaillés obtenus pour les 42 questionnaires complétés. Des rencontres avec les principaux fabricants et distributeurs de dispositifs de retenue mécaniques ont également permis de compléter les informations. À la lumière des données recueillies, il s'avère que plusieurs événements observés dans les établissements visités font partie des facteurs de risque entrant dans la chaîne de causalité des accidents impliquant la chute du chariot au quai de transbordement.

Une grande partie du questionnaire visait à documenter les accidents et incidents survenus dans les établissements, ainsi que les dysfonctionnements ou les non-activations des mesures de retenues. Trois des 42 établissements étudiés rapportent un accident impliquant la chute complète d'un chariot élévateur du quai durant les dernières années. À première vue, la probabilité d'occurrence de ce type d'accident peut paraître faible. Toutefois, il est important de considérer la gravité potentielle des conséquences de la chute d'un chariot du quai. En effet,

ce type d'accident cause souvent la mort du cariste ou des lésions graves à la colonne vertébrale, surtout si le chariot se renverse suite à la chute. Par conséquent, le risque associé à la chute du chariot du quai de transbordement demeure préoccupant.

Par ailleurs, plusieurs événements pouvant contribuer à la chute d'un chariot du quai ont été relevés au cours de cette étude. Par exemple, un camion qui avance ou glisse même en présence de cales (sans tentative de départ du chauffeur) est un événement très courant qui se produit chaque jour dans plusieurs établissements. Les données recueillies permettent d'évaluer à plus de 1800 le nombre d'occurrences de cet événement en 5 ans dans les 42 établissements étudiés. Conséquemment, le coincement des roues avant du chariot entre le camion et le quai est aussi un événement relativement fréquent (rapporté dans 14 établissements). Ce coincement est dû à la chute de la lèvre du pont niveleur suite au début du départ du camion ou à son glissement. Cet événement est à la limite de la chute du chariot.

On relève également plusieurs départs inopinés d'un camion alors qu'un chariot élévateur se trouve toujours à l'intérieur. Dix des établissements étudiés affirment que cet événement s'est produit au moins une fois durant les dernières années. Ici encore, la chute du chariot a été évitée de justesse. Au niveau de l'événement dangereux de basculement, l'affaissement des béquilles d'une semi-remorque s'est produit au moins une fois dans 13 des 42 établissements étudiés. On a également observé dans trois établissements un début de basculement de la semi-remorque qui a été retenue par un dispositif de retenue s'accrochant à la barre anti-encastrement (en moyenne une fois par année). Les données qui concernent les accidents et incidents sont résumées dans le tableau 3. Pour sa part, le tableau 4 renseigne sur l'efficacité des dispositifs de retenue lors de tentatives de départs inopinés du camion ou de basculement de la semi-remorque.

Tableau 3. Occurrence des événements à risque dans les établissements étudiés

Cette situation est rencontrée en moyenne à tous les :	Nombre d'établissements ayant répondu ...							
	jours	semaines	mois	ans	2 ou 3 ans	5 ans ou plus	Jamais	Ne s'applique pas
Un camion ou une semi-remorque a quitté le quai avec le chariot élévateur à l'intérieur.	0	0	0	0	3	7	29	0
Un chariot élévateur est tombé entre le quai et le camion (ex. : roues avant seulement) après qu'un camion ou une semi-remorque s'en soit éloigné ou ait glissé pendant le transbordement.	0	0	0	2	4	8	24	1
Un chariot élévateur est tombé complètement du quai après qu'un camion ou une semi-remorque s'en soit éloigné ou ait glissé pendant le transbordement.	0	0	0	0	0	3	34	0
Suite à une erreur de manœuvre, un chariot élévateur est tombé d'un quai où il n'y avait pas de camion ou de semi-remorque.	0	0	0	0	0	2	36	1
Le camion ou la semi-remorque s'est éloigné du quai en raison d'un glissement de la cale.	1	2	2	1	3	5	17	6
Les béquilles de la semi-remorque se sont affaissées et celle-ci a basculé vers l'avant.	0	0	0	1	2	9	25	2
La semi-remorque a basculé vers l'avant en raison du poids du chariot et/ou de la charge.	0	0	0	0	1	4	32	1
La semi-remorque a presque basculé vers l'avant en raison du poids du chariot et/ou de la charge mais a été retenue par le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC).	0	0	0	3	0	1	30	5

Tableau 4. Efficacité des dispositifs de retenue

Cette situation est rencontrée en moyenne à tous les :	Nombre d'établissements ayant répondu ...							
	jours	semaines	mois	ans	2 ou 3 ans	5 ans ou plus	Jamais	Ne s'applique pas
Le camionneur ou le gareur a tenté de quitter le quai avec un camion ou une semi-remorque et...								
le dispositif de retenue utilisé l'en a empêché.	0	2	5	5	7	4	11	2
la barre anti-encastrement (barre ICC) du camion ou de la semi-remorque a été déformée et/ou arrachée de façon telle que le camion ou la semi-remorque a pu quitter le quai.	0	0	1	5	3	4	16	7
le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) était activé mais a été abîmé ou s'est décroché et n'a pas permis de retenir le camion ou la semi-remorque.	0	0	1	1	0	3	25	6
la cale de roue à positionnement manuel était en position mais n'a pas permis de retenir le camion ou la semi-remorque.	0	1	1	1	2	2	11	18
la semi-remorque a presque basculé vers l'avant en raison du poids du chariot et/ou de la charge mais a été retenue par le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC).	0	0	0	3	0	1	30	5

On remarque qu'aucun dispositif de retenue n'est efficace à 100% car un certain nombre de camions arrivent quand même à quitter le quai. Il y a donc une certaine efficacité de retenue, mais elle n'est pas totale, surtout avec les cales de roues. Il est également intéressant de constater qu'il est relativement fréquent que la barre anti-encastrement d'un camion ne résiste pas à l'effort de traction lors d'un départ inopiné dans les établissements où sont utilisés des dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement. Cinq entreprises affirment même que cet événement se produit en moyenne chaque année. Il convient donc de se questionner sur l'efficacité réelle de ces dispositifs en fonction de l'état des camions.

Dans 22 des 29 établissements où sont installés des dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, on affirme que ces dispositifs sont effectivement utilisés (activés) dans la grande majorité des cas. Dans sept d'entre eux, ces dispositifs ne sont généralement pas utilisés ou sont utilisés moins de 95% du temps. Le tableau 5 donne les raisons principales du taux d'utilisation des dispositifs.

Les défaillances intrinsèques des dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement sont relativement peu fréquentes si l'on considère le nombre d'heure d'utilisation total de ces dispositifs. On rapporte des problèmes techniques qui empêche l'utilisation d'un de ces dispositifs au moins une fois par mois dans huit des 42 établissements. Il arrive également que l'équipement de déneigement endommage certains dispositifs, mais peu d'établissements ont rapporté ce problème. Quant aux autres causes externes pour lesquelles le dispositif n'est pas utilisé (autre qu'un facteur humain), la glace, l'eau et la neige sont souvent à blâmer, surtout en hiver. Il arrive enfin que le dispositif soit désactivé avant la fin du transbordement. Quatre établissements indiquent que cette situation se produit au moins une fois par mois et que le gareur ou le camionneur en sont généralement responsables.

Tableau 5. Raisons pour lesquelles un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement n'est pas activé

Cette situation est rencontrée en moyenne à tous les :	Nombre d'établissements ayant répondu ...							
	jours	semaines	mois	ans	2 ou 3 ans	5 ans ou plus	Jamais	Ne s'applique pas
Le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement n'a pas été activé :								
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du caniste.	1	4	4	5	3	1	13	1
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du camionneur.	0	3	2	1	1	0	13	12
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du « shunter ».	0	0	1	0	0	0	12	19
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part d'une autre personne.	0	3	0	3	0	0	13	13
en raison d'un problème technique associé au dispositif ou à son système de commande (bris ou mauvais fonctionnement).	0	2	6	6	5	2	10	1
en raison d'une incompatibilité entre celui-ci et le camion ou la semi-remorque.	2	4	7	5	1	3	8	2

Dans les 25 établissements où des cales manuelles sont utilisées, seulement sept rapportent que les cales sont utilisées plus de 95% du temps, ce qui laisse à penser que dans les autres établissements, les cales sont soit négligées, soit utilisées lorsque la mesure de retenue principale (par exemple un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement) n'est pas applicable. Le tableau 6 présente les résultats se rapportant à l'utilisation des cales. On constate que la négligence est la cause principale du non-positionnement d'une cale. On remarque également que les cales de roues sont nettement moins appliquées que les autres types de dispositifs de retenue.

En ce qui concerne l'efficacité des cales, dans 14 établissements on affirme avoir été témoin de situations où une semi-remorque ou un camion s'éloignait du quai à cause du glissement de la cale. Sept établissements affirment également que la cale n'a pas permis de retenir le camion lors d'un départ inopiné.

Tableau 6. Raisons pour lesquelles les cales manuelles ne sont pas positionnées

Cette situation est rencontrée en moyenne à tous les:	Nombre d'établissements ayant répondu ...							
	jours	semaines	mois	ans	2 ou 3 ans	5 ans ou plus	Jamais	Ne s'applique pas
La cale n'a pas été mise en place :								
parce que les conditions environnementales (pluie, neige, grand froid, etc.) rendaient cela difficile ou impossible	1	3	2	4	0	1	5	
en raison de la courte durée de l'intervention de transbordement	2	4	2	1	0	1	6	
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du caniste	2	4	2	1	0	1	3	
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du camionneur	2	4	4	2	0	0	4	
en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du « shunter »	2	0	0	1	0	0	6	9
parce qu'il n'y avait pas assez d'espace pour circuler entre les deux camions ou semi-remorques	1	0	0	0	0	0	8	8
parce qu'il n'y avait pas de cale disponible sur place	0	1	2	2	0	1	9	
parce que la cale disponible était brisée	0	1	1	4	1	1	11	
La cale a été retirée par erreur avant la fin des activités de transbordement :								
par le camionneur	0	0	0	2	1	0	10	2
par le « shunter »	0	0	0	1	0	0	9	5
par une autre personne	0	0	0	1	0	0	10	

Seulement 4 établissements ont rapporté utiliser les cales à détection de positionnement et plaque de retenue. Ceux-ci affirment que le dispositif est effectivement utilisé dans plus de 95% des cas. L'échantillon étant de très petite taille, il était difficile d'obtenir des données détaillées quant aux événements et aux modes de défaillance associés à ce type de dispositifs. Toutefois un établissement a noté l'oubli d'un camionneur comme cause de non-positionnement de la cale et un autre a mentionné que parfois la cale ne pouvait être mise en place en raison des conditions environnementales. Quant aux modes de défaillance, on rapporte que la cale peut être endommagée par un camion qui tente de quitter le quai et que certaines défaillances internes auraient également été observées (capteur désajusté, élément mécanique défaillant).

Pour ce qui est des dispositifs de signalisation visuelle, le tableau 7 permet de constater que l'efficacité de cette mesure de retenue reste très limitée. En fait, chacun des événements recensés dans le tableau aurait pu conduire à un accident que la signalisation aurait dû prévenir. On remarque que dans plusieurs établissements, il est fréquent que tant le camionneur, le gareur ou le caniste ne remarquent pas ou ne tiennent pas compte de la signalisation visuelle. Au niveau des modes de défaillance de la signalisation visuelle, seules des ampoules brûlées ont été notées dans la majorité des établissements. Par ailleurs, les cinq établissements qui utilisent une alarme sonore comme mesure de retenue n'ont rapporté aucun problème de défaillance avec elle-ci.

Tableau 7. Efficacité de la signalisation

Cette situation est rencontrée en moyenne à tous les :	Nombre d'établissements ayant répondu ...							
	jours	semaines	mois	ans	2 ou 3 ans	5 ans ou plus	Jamais	Ne s'applique pas
Le camionneur a tenté de quitter ou a quitté le quai avec le camion ou la semi-remorque avant la fin des opérations de transbordement :								
parce qu'il n'avait pas remarqué que le système de signalisation indiquait que le dispositif était en position.	0	0	5	2	3	5	14	4
parce qu'il n'avait pas tenu compte du système de signalisation qui indiquait que le dispositif était en position.	0	0	5	3	2	2	16	3
Le « shunter » a tenté de quitter ou a quitté le quai avec le camion ou la semi-remorque avant la fin des opérations de transbordement :								
Parce qu'il n'avait pas remarqué que le système de signalisation indiquait que le dispositif était en position.	0	1	1	1	2	3	10	0
parce qu'il n'avait pas tenu compte du système de signalisation qui indiquait que le dispositif était en position.	0	0	1	1	1	1	12	1
Le cariste s'est introduit dans le camion ou la semi-remorque sans que le dispositif de sécurité ne soit présent car :								
il n'a pas remarqué que le système de signalisation indiquait que le dispositif n'était pas en position.	0	0	5	3	1	1	22	3

Parmi les réponses reçues du questionnaire postal, un établissement a rapporté utiliser un système de signalisation qui jusqu'alors n'avait pas été identifié par l'équipe de recherche (cet établissement a conçu lui-même le dispositif), une visite supplémentaire a alors été effectuée. Le dispositif, illustré à la figure 3 est un système de signalisation par drapeau. Lorsque le cariste relève le drapeau à l'intérieur de l'usine, un deuxième drapeau se rabaisse devant la semi-remorque grâce à un système de poulies. L'établissement a eu recours à ce type de signalisation car le soleil frappait directement sur les feux de signalisation et le contraste entre le feu vert et le feu rouge était ainsi passablement réduit.

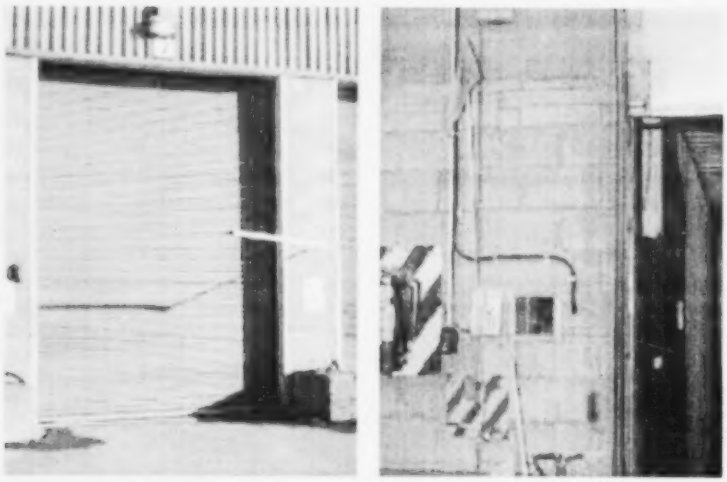


Figure 3. Système de signalisation à drapeau

Afin de compléter l'analyse rétrospective, les représentants de trois fabricants de dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement ainsi qu'un fabricant de cale à plaque et détection de positionnement ont été rencontrés. Ces entrevues ont permis de recueillir de l'information sur certains détails des dispositifs, les difficultés, les problèmes et solutions et sur certaines situations particulières. Les modes de défaillances, problèmes et désavantages de certains dispositifs compétiteurs ont également été notés donnant ainsi plus d'éléments aux chercheurs pour créer l'outil. Les détails spécifiques à chaque dispositif ont été pris en note et ont été colligés dans l'arbre des fautes et utilisés lors de la création de l'outil, plus particulièrement dans les fiches de mise en œuvre des mesures de retenue.

3.2.2 L'analyse prospective

L'analyse prospective comportait deux volets, soit l'analyse prospective inductive (à l'aide de la méthode de l'analyses des modes de défaillance et de leurs effets - AMDE) et l'analyse prospective déductive, supportée par la méthode de l'arbre des fautes (ADF). En plus de supporter l'analyse prospective déductive, l'arbre des fautes a également servi à structurer dans un format logique et détaillé l'ensemble des facteurs de risque identifiés lors de l'analyse rétrospective et de l'analyse prospective inductive.

Dans le but de simplifier la classification, les analyses des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) ont été divisés en quatre catégories : 1) les AMDE reliées aux procédures 2) à la signalisation et communication 3) aux dispositifs de retenues automatiques des roues et 4) aux dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement. Ces analyses ont permis de générer des informations essentielles à la construction de l'outil d'évaluation. Plusieurs facteurs de risque qui n'avaient pas été relevés lors de l'analyse rétrospective ont ainsi été identifiés. Le tableau 8 présente un exemple d'une partie de l'AMDE sur les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement. L'intégralité des grilles AMDEs se trouve dans l'annexe C.

Tableau 8. Exemple d'une AMDE

		Effets		
Composant	**Mode de défaillance**	**Local (sur les autres composants)**	**Final (sur le système)**	**Causes possibles (immédiates)**
Barre anti-encastrement	Se déforme sous l'effet de la traction	Dispositif retient partiellement	Camion partiellement retenu Barre anti-encastrement fragilisée	a) Barre trop faible (conception, usure) b) Déformation initiale c) Force suffisante pour créer déformation
	Est déformée (avant d'arriver au quai)	Dispositif retient partiellement Dispositif mal positionné Détection peut ne pas le remarquer	Camion pas ou partiellement retenu	a) Voir causes de déformation
	S'arrache sous l'effet de la traction	Barre peut rester sur le dispositif Peut ne pas détecter que la semi-remorque n'est plus là (mais détecte toujours la barre anti-encastrement)	Camion non retenu	a) Barre trop faible (conception, usure) b) Déformation initiale c) Force suffisante pour arracher
	Est absente	Dispositif ne se positionne pas	Camion non retenu	a) A été arrachée avant b) Type de camion qui n'a pas de barre

Tel que mentionné précédemment, l'arbre des fautes a été utilisé premièrement pour organiser et classer les facteurs de risques identifiés lors des analyses précédentes et deuxièmement comme support à l'analyse prospective déductive. Cet ADF étant très volumineux, le niveau de détail était limité aux causes dont la probabilité pouvait être déterminée qualitativement à l'aide des données recueillies lors des visites sur le terrain. Il a également été divisé en 19 sous arbres, soit un pour l'analyse de l'accident, sept pour l'analyse détaillée des événements dangereux et onze pour l'analyse des facteurs déterminants de l'efficacité des mesures. L'ADF complet, accompagné d'une description des événements importants, se trouve à l'annexe D.

Un exemple tiré de l'ADF est illustré à la figure 4. La figure présente une petite partie de l'ADF totale qui décrit les causes pouvant réduire l'efficacité de la mesure « procédure de tracteur attelé » qui permet d'empêcher le basculement d'une semi-remorque ainsi que de réduire les risques de glissement. Trois causes principales peuvent conduire à cette réduction de l'efficacité. La première est une procédure non compatible avec l'entreprise. Par exemple, si une semi-remorque doit rester longtemps au quai afin d'y être chargée, il est peu probable que le tracteur reste attelé à celle-ci durant toute la durée du chargement. Cette situation rend la mesure non-profitable pour l'établissement et donc incompatible avec ses besoins. Elle a donc toutes les chances d'être contournée, ce qui la rend moins efficace. La mesure peut également être rendue inefficace si les procédures ne sont pas respectées ou si la semi-remorque doit être dételée pour une raison particulière. Enfin, la mesure sera par ailleurs inefficace contre le glissement si la force de retenue est insuffisante en raison de la non-application des freins du tracteur ou lorsque de très grandes forces sont générées par le chariot à l'intérieur de la semi-remorque.

On remarque dans la figure que mis à part les symboles standards de construction d'un arbre des fautes, on retrouve un carré aux coins arrondis. Il s'est avéré nécessaire d'ajouter ce symbole compte tenu de la situation particulière de la recherche. Celui-ci représente un événement qui n'est ni nécessaire ni suffisant pour que l'événement auquel il est rattaché se produise. Cependant il peut influencer la probabilité d'occurrence de cet événement. Par exemple, une inclinaison de la cour vers l'avant du camion n'est pas une condition nécessaire ou suffisante pour obtenir un glissement de la semi-remorque. Toutefois, dans ces conditions, la probabilité de glissement s'en trouve augmentée.

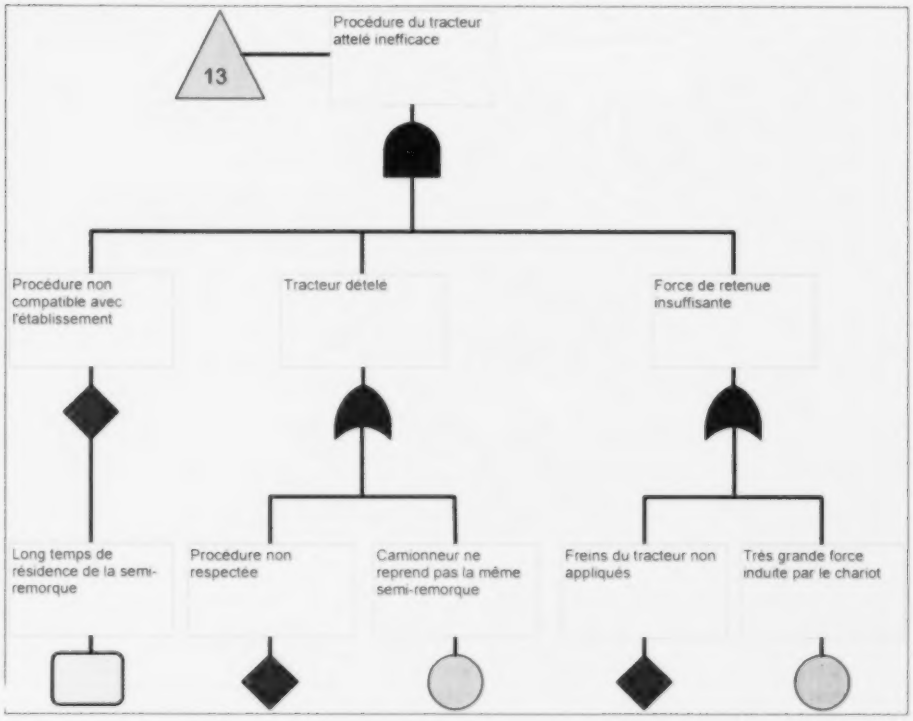


Figure 4. Résultats de l'analyse par ADF de la mesure « procédure de tracteur attelé »

3.3 Résultats des études de vérification et de validation des données

Plusieurs études parallèles ont été entreprises par les chercheurs au cours du projet afin de compléter les résultats de l'analyse de risques et de valider certaines hypothèses. Ces analyses sont présentées brièvement aux paragraphes suivants. Les résultats de ces analyses ont servi par la suite à alimenter l'outil d'évaluation des mesures de retenue.

3.3.1 Étude sur la fiabilité des différents dispositifs

Une étude sommaire sur la fiabilité des dispositifs de retenue disponibles sur le marché québécois a été entreprise afin de tenter de faire ressortir les éventuels problèmes de fiabilité des modèles existants. Cette étude a cependant été abandonnée en cours de route parce que les données préliminaires révélaient que ces dispositifs étaient beaucoup plus fiables que les autres maillons de la chaîne de causalité des accidents. En clair, la très grande majorité (sinon la totalité) des accidents et incidents qui ont été analysés n'avaient pas comme agents causals la défaillance d'un élément d'un dispositif de retenue. De plus, vu les nombreux modèles

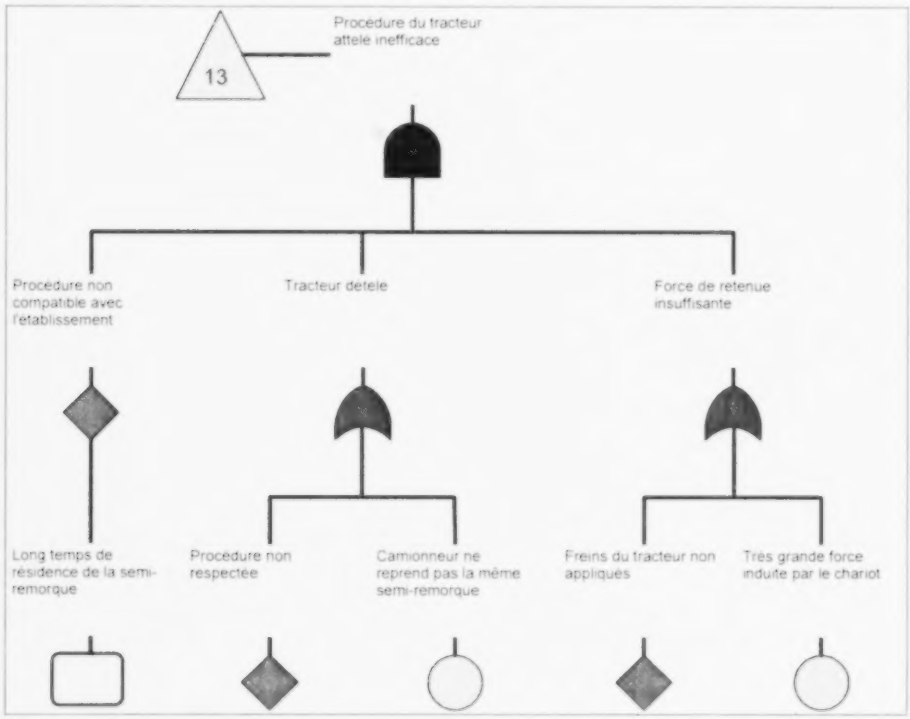


Figure 4. Résultats de l'analyse par ADF de la mesure « procédure de tracteur attelé »

3.3 Résultats des études de vérification et de validation des données

Plusieurs études parallèles ont été entreprises par les chercheurs au cours du projet afin de compléter les résultats de l'analyse de risques et de valider certaines hypothèses. Ces analyses sont présentées brièvement aux paragraphes suivants. Les résultats de ces analyses ont servi par la suite à alimenter l'outil d'évaluation des mesures de retenue.

3.3.1 Étude sur la fiabilité des différents dispositifs

Une étude sommaire sur la fiabilité des dispositifs de retenue disponibles sur le marché québécois a été entreprise afin de tenter de faire ressortir les éventuels problèmes de fiabilité des modèles existants. Cette étude a cependant été abandonnée en cours de route parce que les données préliminaires révélaient que ces dispositifs étaient beaucoup plus fiables que les autres maillons de la chaîne de causalité des accidents. En clair, la très grande majorité (sinon la totalité) des accidents et incidents qui ont été analysés n'avaient pas comme agents causals la défaillance d'un élément d'un dispositif de retenue. De plus, vu les nombreux modèles

disponibles sur le marché, les différentes conditions d'utilisation (maintenance, conditions environnementales, etc.) ainsi que la difficulté d'obtenir des plans détaillés, l'obtention de résultats précis aurait consommé des ressources beaucoup trop grandes compte tenu de leur utilité. Par ailleurs, l'évolution technique de ces dispositifs étant très rapide, les résultats d'une telle étude auraient étés obsolètes dès leur publication. Trois conclusions générales ont cependant pu être tirées de cette étude préliminaire. D'abord, il s'avère que la fiabilité est dépendante des conditions dans lesquelles les dispositifs sont utilisés. Ensuite, une maintenance minimale est généralement requise pour garder la fiabilité de ces systèmes à un niveau acceptable enfin, l'utilisation du principe d'actionnement positif des capteurs et l'utilisation de contacts à ouverture forcée réduisent les risques de défaillance de ces dispositifs de sécurité.

3.3.2 Modélisation du glissement d'une semi-remorque

La modélisation sur le glissement a été réalisée suite à des commentaires reçus lors des visites sur le terrain ainsi que pour valider certaines données rapportées dans la littérature. Une modélisation s'avérait nécessaire pour confirmer que le glissement était possible, mais surtout pour déterminer dans quelles circonstances celui-ci était possible et quels facteurs le caractérisaient.

Dans cette modélisation, seul le glissement pur a été évalué (c'est-à-dire quand les roues de la semi-remorque glissent et ne tournent pas) et ceci pour plusieurs types de semi-remorques non attelées à un tracteur. Deux paramètres ont été mis en opposition dans la simulation, soit la force générée par l'inertie du chariot élévateur au moment où il freine dans la semi-remorque et la force de friction totale entre la semi-remorque et le sol. Si la première devient supérieure à la seconde, il y aura glissement pur. L'intensité de cette force d'inertie est fonction de plusieurs paramètres tels que la masse combinée du chariot et de sa charge et la vigueur avec laquelle le chariot freine (indirectement, la vitesse initiale du chariot). Pour ce qui est de la force de résistance de la semi-remorque, elle est due principalement aux coefficients de friction entre les roues et le sol et entre les béquilles et le sol, à l'inclinaison de la cour et enfin, au poids et à la position du centre de masse de l'ensemble (la semi-remorque, le chariot et les marchandises). Les détails des calculs ainsi que les tableaux des résultats se trouvent à l'annexe E.

Six types de terrain ont été simulés, soit de l'asphalte sec, de l'asphalte mouillé, du béton sec, du béton mouillé, du gravier sec et un pavé enneigé/glacé. Les coefficients de friction entre les pneus et le sol ont été trouvés dans la littérature alors que les coefficients de friction entre l'acier des béquilles et le sol ont été déterminés expérimentalement (détails à l'annexe E).

Les différentes simulations ont prouvé l'influence du poids du chariot, de la force de freinage, de la nature de la chaussée et de l'inclinaison de la cour sur les probabilités de glissement. La nature de la chaussée est probablement le paramètre le plus important pour ce qui est du glissement pur. En effet, le coefficient de friction entre les pneus de la semi-remorque ainsi que celui des béquilles change en fonction de la surface sur laquelle ils s'appuient. Il y a une différence peu notable entre l'asphalte sèche, humide, le ciment sec, humide et le gravier. Toutefois, la glace et la neige n'offrent que très peu de résistance. Faits intéressants à noter, la modélisation a permis de constater que sur un sol asphalté sec et dans des conditions extrêmes (pente inclinée à 10%, chariot très rapide et lourd), le glissement de la remorque est improbable, alors que sur un pavé glacé, il est possible même avec une cour parfaitement horizontale et un chariot léger. Bien que le modèle montre qu'il est improbable qu'un glissement se produise sur un pavé qui n'est pas glacé, dans la pratique certaines conditions rendent ceci

possible, comme par exemple la présence de débris ou de sable entre les pneus de la semi-remorque et le sol, rendant la chaussée plus glissante.

La vitesse initiale du chariot (qui détermine la force de freinage) apparaît comme la variable qui a l'impact le plus prononcé après l'état de la chaussée. L'équation $E=mv^2/2$, qui détermine l'énergie transmise du chariot à la semi-remorque, montre que la vitesse (mise au carré) joue un rôle très important. Cependant, les valeurs qui ont été utilisées pour simuler les cas extrêmes sont difficiles à obtenir dans la réalité. On peut donc présumer que l'influence de la vitesse du chariot aura un effet équivalent aux autres facteurs.

Le poids du chariot a aussi un effet important. Selon les résultats de la modélisation, tous les types de chariots, peut importe leur poids, peuvent faire glisser une semi-remorque sur un pavé glacé. Sur une chaussée non glacée, seul les chariots de 5443 kg (12 000 lbs) de capacité, chargé au maximum et se déplaçant à vitesse maximale, se rapprochent du point de glissement, sans toutefois l'atteindre. Pour ce qui est de la pente de la cour, elle a un effet amplificateur ou modérateur. Les simulations ont été effectuées avec une pente de 10% vers l'extérieur et 10% d'inclinaison vers le quai. En moyenne, lorsque l'on augmente la pente de la cour de 10% vers le quai, la force que peut retenir la semi-remorque (par friction) augmente ou diminue de 7% à 8%. L'effet est donc considérable.

L'influence de la dimension de la semi-remorque a également été évaluée. Deux semi-remorques de longueurs différentes ont évidemment un poids différent. De plus, lorsque la semi-remorque est plus longue, le chariot peut avancer plus profondément et une plus grande partie de son poids sera supporté par les béquilles de la semi-remorque et donc moins sur les roues. La modélisation a cependant permis de constater que ce paramètre n'avait qu'une faible influence sur le résultat final.

En résumé, la modélisation a démontré l'influence de quatre paramètres sur le glissement pur d'une semi-remorque, soit le poids du chariot, la force de freinage de celui-ci (indirectement, sa vitesse initiale), l'état de la chaussée et la pente de la cour. Pour ce type de glissement, la longueur de la semi-remorque a une influence minime comparativement aux autres paramètres. La présence du tracteur n'a pas été évaluée. Ces résultats ont été pris en compte lors de l'élaboration de l'outil.

3.3.3 Modélisation du basculement d'une semi-remorque

La modélisation du basculement a servi à déterminer les conditions où le basculement d'une semi-remorque est possible. Cinq des 42 établissements étudiés ont affirmé avoir connu cette situation au moins une fois et certaines publicités des fabricants de dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement mentionnent également que le problème est réel. Une vérification s'avérait donc nécessaire.

Cette modélisation a tenté de déterminer la force de réaction aux roues de la semi-remorque, en supposant que la rotation (basculement) se produit autour du point de pivot entre les béquilles et le sol. Si cette force de réaction est positive, alors les roues sont sous contraintes (elles supportent une charge) et il n'y a pas de basculement, si elle est négative, la semi-remorque bascule. La simulation tient compte de la masse et du centre de gravité de tous les éléments (chariot, semi-remorque et, le cas échéant, de la marchandise déjà présente), de la force de freinage du chariot, des dimensions de la semi-remorque et de l'inclinaison de la cour

(figure 5). Les détails des calculs ainsi que les résultats complets des simulations se trouvent à l'annexe F.

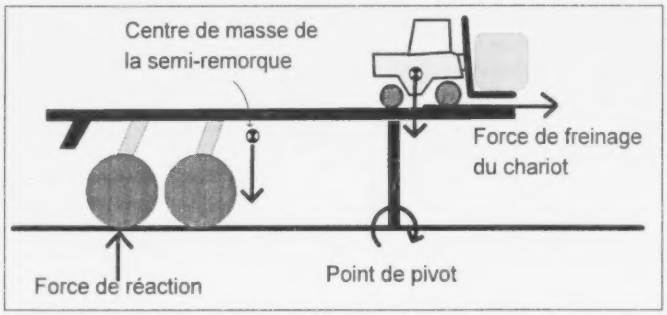


Figure 5. Forces en jeu lors d'un basculement

La modélisation a révélé qu'il est effectivement possible d'obtenir des conditions où le basculement est probable, ce qui confirme les informations recueillies lors des collectes de données. Cinq facteurs principaux influencent cet événement dangereux : la masse combinée chariot-marchandise, la force de freinage générée par le chariot (définie pas sa vitesse initiale), l'endroit où le chariot freine, la longueur de la semi-remorque et la pente de la cour.

En analysant les résultats des simulations, il a été possible de faire ressortir certaines conclusions générales. Premièrement, dans tous les cas simulés, si des marchandises sont déjà à l'intérieur de la semi-remorque, les probabilités de basculement sont plus faibles (mais pas nulles), ceci principalement dû au fait que ces marchandises empêchent le chariot de pénétrer jusqu'au fond de la semi-remorque. Il est donc raisonnable de croire que le basculement se produira principalement lors du chargement du premier lot de marchandises ou du déchargement du dernier. L'endroit où le chariot freine à l'intérieur de la semi-remorque est donc le facteur principal dans le problème du basculement : si le chariot ne dépasse pas le niveau des béquilles, il ne peut y avoir de pivotement autour de celles-ci.

Pour ce qui est de la longueur de la semi-remorque, les probabilités de basculement sont très faibles, voire nulles avec une semi-remorque de 16,15m (53 pieds). Dans ce cas, le basculement est possible seulement dans des cas extrêmes : chariot freinant au point où il glisse dans la semi-remorque, arrêt directement à l'arrière de la semi-remorque, chariot lourd et pente de la cour de 10% vers l'extérieur). À l'inverse, une semi-remorque de 9,75m (32 pieds) basculera très facilement même dans des conditions normales d'utilisation. Il est cependant possible d'éviter le basculement en réduisant la vitesse et la masse totale chariot-charge. Quant aux semi-remorques de longueur intermédiaires, les probabilités de basculement varient en fonction des autres paramètres, mais sont toujours plus élevées lorsque la semi-remorque est plus courte.

L'impact de la masse combiné chariot-charge semble linéaire entre un chariot de 1 587 kg (3 500 lbs) de capacité et un de 6 123 kg (13 500 lbs). Il n'y a cependant pas de chariots assez légers pour éviter le basculement dans toutes les circonstances.

La force de freinage, (indirectement, la vitesse du chariot), a un impact similaire à celui de la masse du chariot lorsqu'elle se situe entre 25% et 100% de la capacité de freinage maximale du chariot. Il est cependant très difficile d'évaluer les valeurs réelles utilisées dans les établissements. Bien que lors de la majorité des visites effectuées les chariots ne semblaient pas freiner brusquement, des marques de pneus observées sur le plancher de certaines semi-remorques portent à croire que l'utilisation de la capacité de freinage maximale est possible. La vitesse est un paramètre amplificateur : il n'est pas nécessaire de freiner brusquement pour entraîner un basculement, mais la simulation a démontré que cette situation en augmente les probabilités. Il est à noter que lors des simulations, le chariot freinait et arrêtait directement au fond de la semi-remorque, ce qui est le pire des cas. En réalité, cette situation est peu probable, ce qui réduit l'impact réel de la vitesse du chariot sur le basculement.

Finalement, la pente de la cour influence aussi les probabilités de basculement. Dans la plupart des cas simulés, si la semi-remorque bascule, elle le fera à toutes les inclinaisons de la cour sous les mêmes paramètres et inversement si elle ne bascule pas. Cependant, lorsqu'il y a équilibre entre les forces du chariot et la masse de la semi-remorque, une inclinaison vers l'extérieur causera un basculement alors qu'une inclinaison vers le quai l'empêchera.

Le tableau 9 résume une partie des résultats disponibles dans l'annexe F. À noter que dans la plupart des établissements, des chariots d'une capacité inférieure ou égale à 1 587 kg (3 500 lbs) sont utilisés. Les chariots de capacité de 5 443 kg (12 000 lbs) sont relativement peu utilisés pour le transbordement de camions. De plus, la simulation suppose que le chariot s'arrête au fond de la semi-remorque. Si le chariot s'arrête avant d'atteindre le niveau des béquilles de la semi-remorque, les risques de basculement sont pratiquement nuls dans la majorité des cas.

Tableau 9. Possibilités de basculement en fonction des cas de chargement

			Vitesse (pourcentage du freinage maximal du chariot)					
			50%			100%		
			Pente de la cour			Pente de la cour		
			-10%	0 (plat)	10%	-10%	0 (plat)	10%
Longueur de la semi-remorque (pieds)	32	Capacité du chariot (lbs)** 3500	X	X	X	X	X	X
		8000	X	X	X	X	X	X
		12000	X	X	X	X	X	X
	45	3500						
		8000						
		12000	X			X	X	X
	53*	3500						
		8000						
		12000	X			X	X	X

X = basculement potentiel de la semi-remorque
*Deux essieux
** En supposant le chariot chargé à sa pleine capacité

Cette simulation a permis de déterminer que le paramètre de la longueur de la semi-remorque avait un impact majeur sur le basculement. Le poids du chariot ainsi que sa force de freinage (vitesse) ont aussi un impact, mais celui-ci est moindre que dans le cas de la longueur de la semi-remorque et il en est de même pour la pente de la cour. Les résultats présentés au tableau 9 doivent être considérés avec prudence, compte tenu des nombreuses variations possibles entre la simulation et la réalité.

3.3.4 Modélisation de la résistance à la traction des barres anti-encastrement

L'analyse de la littérature et les visites ont fait ressortir que lorsque les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement n'arrivaient pas à retenir la semi-remorque, la résistance de la barre était souvent en cause. Quelques personnes interviewées ont également cité des cas où la barre anti-encastrement, retenue par le dispositif, s'était détachée lors du départ du camion. Dans un des établissements visités, on a affirmé que dans environ 70% des cas où le dispositif était mis à l'épreuve (tentative de départ inopiné), la barre était arrachée. Une modélisation de la résistance des barres anti-encastrement a donc été réalisée. Celle-ci s'est déroulée en trois étapes, soit la collecte d'information, la simulation d'un effort de traction sur les barres anti-encastrement ainsi que sur leurs supports et la détermination de la force développée par le tracteur. Cette étude a donc permis de comparer la résistance des barres anti-encastrement avec les forces qu'elles devraient supporter en cas de départ inopiné. Les détails de cette étude se retrouvent dans le rapport «Étude sur la résistance des barres anti-encastrement» présenté à l'annexe G.

3.3.4.1 Collecte d'information

Afin de modéliser les bons types de barres anti-encastrement, une courte étude a été réalisée afin de mesurer et évaluer les conditions des barres de quelques semi-remorques. Cette étude servait également à confirmer les informations contenues dans le rapport «*Results of Underride Guards Surveys*» de l'*American Trucking Association* (ATA, 1996) qui recensait les barres anti-encastrement d'un très grand nombre de semi-remorques aux États-Unis. Ce rapport, rassemblant les résultats de quatre études, a évalué l'état des barres anti-encastrement de plus de 1 200 semi-remorques. Une de ces quatre études affirme que 64% des barres anti-encastrement sont endommagées alors qu'une autre affirme que seulement 14% des semi-remorques ont une barre endommagée. Le rapport montre cependant que les critères de qualité n'étaient pas les mêmes d'une étude à l'autre. Le tableau 10 résume les résultats d'un des quatre sondages en ce qui concerne le type de barres observées ainsi que le pourcentage de barres endommagées. On constate que les barres carrées sont généralement en bon état comparativement aux profilés en «C».

Tableau 10. Résultats de l'étude de l'ATA

Type de profilé	Nombre recensé	% endommagé
En «I»	73	38.3
Carré	337	5
Rectangulaire	151	10.5
Rond	23	4.3
En «C», 3" à 4" de large	217	29
En «C», 6" ou + de large	56	30

Pour l'étude effectuée par l'équipe de recherche, un peu plus d'une centaine de semi-remorques ont été observées. Onze types de barres anti-encastrement représentatif de l'ensemble des barres observées ont été recensés. Celles-ci ont été mesurées, et leurs caractéristiques principales ont été enregistrées dans le tableau 11.

Tableau 11. Types de barres anti-encastrement recensés pour la simulation

No	Type de profilé	Dimensions de la section (po)	Marque et année de fabrication	Long. (cm)	Distance entre les attaches (cm)	Haut. du sol (cm)	Suspension
1	Carré	4 x 4 x 3/16	Inconnue	90	49	21	Air
2	Carré	4 x 4	Trailmobile	94	48	15	Air
3	En «C»	4 x 1½ x 3/16	Inconnue	73	50	24	Ressort
4	Carré	4 x 4 x 5/32	Trailmobile (2001)	94 ½	48	16 ½	Ressort
5	Carré	4 x 4	Trailmobile (1999)	98	48	19	Air
6	En «C»	4 x 1½ x 3/16	Manac (1986)	67	49	17	Ressort
7	En «C»	6 x 2 x 3/16	Trailmobile	66	43 ½	26	Ressort
8	Rectangle	5 x 3	Manac	94	49	18	Air
9	Carré	5 x 5	Manac	96	40	18	Air
10	Rectangle	4 x 3 x 1/4	Fruehauf (1985)	68	44	21	Ressort
11	En 'I'	4 x 2-1/4 (3/32 âme, 1/8 fer plat)	Inconnue	66	40	–	Ressort

Quatre types ont été retenus pour la simulation, soit le profilé carré 4x4, le profilé carré 4x4 à support renforcé, le profilé en « C » et le profilé rectangulaire, ces quatre types étant les plus courants selon le rapport de l'ATA. Deux valeurs importantes ont été déterminées par simulation, soit les valeurs maximales que peuvent supporter la plus forte et la plus faible des barres anti-encastrement et maximale. Ces valeurs indiquent qu'au-delà d'une certaine force aucune barre anti-encastrement ne peut résister et qu'en dessous d'une certaine valeur toutes les barres pourront supporter les efforts qui leur sont imposés.

3.3.4.2 Modélisation des barres ICC en charge

Les modélisations ont été effectuées sur le logiciel d'éléments finis Cosmos/M. Chacun des quatre modèles de barre anti-encastrement a fait l'objet d'une étude pour déterminer la force à laquelle elle entrait en déformation permanente. L'acier utilisé pour la simulation était de l'acier standard ayant une limite élastique de 300 MPa (44 000 psi). Le chargement était simulé par une barre se faisant tirer par ses supports et un dispositif de retenue simulé comme un blocage appliqué sur 5,08 cm (2 pouces) de large centré au milieu de la barre. La figure 6 montre un exemple d'une modélisation effectuée avec des déformations amplifiées. Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau 12.

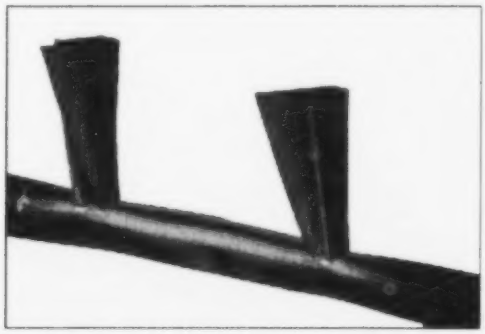


Figure 6. Modélisation d'une barre de section 4x4 carré en charge

Tableau 12. Résultats de la modélisation du chargement des barres anti-encastrement

Modèle	Charge maximale (Kg)	Charge maximale (lbs)
Profilé en C	3040	6 700
Profilé carré	5940	13 100
Profilé rectangulaire	6 530	14 400
Profilé carré renforcit	7940	17 500

Évidemment, ces résultats ont été obtenus par une modélisation qui peut différer passablement de la réalité. Par exemple, les barres peuvent être rouillées ou déformées et alors fournir une résistance beaucoup moins importante que ce que le laissent paraître ces résultats. Dans un extrait vidéo d'une publicité d'un fabricant de dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, on présente une mise en scène où une barre anti-encastrement retenue par le système est sollicitée à plusieurs reprise par le tracteur. Après quelques tentatives, celle-ci se déforme pour finalement commencer à déchirer au niveau de son support. On peut donc en conclure que chaque impact endommage un peu de façon permanente la barre anti-encastrement la rendant moins apte à retenir lors d'un prochain impact. Dans bien des cas au cours de la modélisation, la limite de résistance était atteinte à la jonction entre la barre anti-encastrement et son support et cette zone est très difficile à simuler notamment en raison de la soudure qui relie les deux pièces ensemble. Les résultats de la modélisation donnent cependant une bonne appréciation de l'ordre de grandeur des forces que peuvent supporter les barres anti-encastrement.

3.3.4.3 Estimation de la force développée par le tracteur

La force que peut générer un tracteur a été déterminée afin de la comparer à la force que peuvent supporter les barres anti-encastrement. Une étude sommaire rapportée dans le rapport «Étude sur la résistance des barres anti-encastrement» de l'annexe G démontre que les tracteurs peuvent développer une force de traction de 15 300 Kg[8] (33 660 lbs) dans des

[8] Cette valeur a été déterminée grâce à un calcul qui se base sur le fait qu'au Québec le règlement du ministère des transports limite la charge des roues motrice du tracteur à 18 000Kg. Certaines personnes interviewées pendant l'étude ont rapporté que cette loi serait parfois contournée et que certains tracteurs étaient en mesure de tirer une charge plus lourde.

conditions idéales (chaussée asphaltée, sèche et en bon état) sur une chaussée plate. On peut donc conclure, en mettant cette valeur en relation avec celles du tableau 12, qu'un tracteur ayant la puissance maximale permise au Québec pourrait assez facilement arracher toutes les barres anti-encastrement s'il tire au maximum de sa puissance.

Quant à la force de retenue ressentie par les camionneurs, une information importante a été recueillie en discutant avec des camionneurs et les gareurs lors des visites sur le terrain. Lorsqu'un camionneur perçoit une résistance en tentant de quitter un quai, il peut croire qu'il est retenue par un dispositif. Mais il peut aussi penser que cette résistance est due à la pente du quai, à la masse de sa charge ou à la présence de glace qui bloque les roues. La réaction pourrait être d'appuyer davantage sur l'accélérateur. Dans ces conditions, la barre anti-encastrement a peut de chances de retenir le camion. Cette situation a pu être constatée lors des visites effectuées par les chercheurs, plusieurs personnes ont rapporté avoir été témoin qu'une barre anti-encastrement avait été arrachée d'un camion.

3.3.4.4 Conclusion de la modélisation

La non-uniformité des barres anti-encastrement du point de vue de leur résistance ainsi que la force générée par les tracteurs empêche de conclure sans équivoque sur la résistance des barres anti-encastrement : certaines pourront retenir le tracteur, d'autres non. Trop de facteurs sont en jeu pour obtenir des statistiques précises sur les pourcentages de départs inopinés qui seront arrêtés par un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement lorsqu'elles seront placées dans un contexte réel. Il est possible cependant d'affirmer que les barres anti-encastrement, ainsi que les dispositifs qui les retiennent, seront, dans presque tous les cas, capables de contrer le glissement du camion ou de la semi-remorque.

3.3.5 Modélisation du comportement des cales de roues

Une étude succincte a été effectuée à l'aide du logiciel *Visual Nastran Desktop* pour tenter de modéliser le comportement d'une cale de roue. Cette étude n'a pas été concluante puisque le logiciel utilisé avait des difficultés à modéliser le frottement et la friction. Des essais réels ont donc été nécessaires pour prédire le comportement des cales.

3.3.6 Essais préliminaires de cales de roues

Suite aux commentaires recueillis sur les cales lors des visites, il est apparu évident que des études étaient nécessaires pour évaluer l'efficacité réelle des cales de roues. Les modélisations numériques n'ayant pas été concluantes, des essais sur le terrain ont donc été réalisés. Neuf cales ont été testées (incluant une section de 2x4 en bois et une cale à plaque de retenue). Aucune d'entre-elles ne respectait la norme SAE J348 (SAE, 1990). Cette norme précise les caractéristiques générales que devrait avoir une cale de roue afin de permettre une retenue adéquate d'un véhicule. L'échantillon était cependant représentatif des cales vendues et utilisées au Québec. Les cales ont été choisies sur catalogue sans vérifier, au moment de la commande, si elles respectaient les caractéristiques de la norme SAE J348.

Les essais ont été effectués en positionnant une cale sous une roue de semi-remorque et en observant l'effet de la cale lorsqu'il y avait un glissement ou un avancement (départ inopiné) de la semi-remorque. Les tests ont été effectués sur cinq types de sol, soit de l'asphalte sec, de l'asphalte mouillé, sur de la neige, de la glace et sur un sol en terre battue. Des essais de

glissement et de départ inopiné ont été réalisés sous différentes conditions de chargement (remorque vide, chargée à moitié ou chargée au maximum de sa capacité). Les essais de glissement ont été effectués avec et sans le tracteur attelé à la semi-remorque, mais la partie avec le tracteur a rapidement été abandonnée puisqu'il n'y avait jamais de glissement (les cales étaient donc inutiles). Pour générer la force de glissement un chariot, déplaçant une charge d'environ 540 kg, entrait dans la semi-remorque à une vitesse d'environ 13 km/h et freinait brusquement au milieu. Une cour horizontale a été utilisée pour tous les essais. La description des cales ainsi qu'un résumé des résultats des essais sous forme de matrice sont disponibles dans l'annexe H, cette annexe comprend aussi le rapport complet des essais sur les cales.

Les essais de départs inopinés ont donné les résultats attendus, soit qu'aucune cale ne peut retenir le tracteur, et ce dans toutes les conditions d'essais[9]. En revanche, pour ce qui est du glissement, les cales n'étaient pas toujours utiles : en fait, le glissement ne se produit que lorsque la suspension à air n'est pas neutralisée (suspension haute), que le tracteur n'est pas présent et que la chaussée est enneigée ou glacée. Quand la chaussée est mouillée ou sèche il n'y a pas de glissement uniquement à cause de la force de friction entre les béquilles de la semi-remorque et le sol (les freins de la semi-remorque n'étaient pas toujours appliqués). Dans les cas où il y avait du glissement, aucune cale n'a pu retenir la semi-remorque : dans tous ces cas la cale glissait avec la semi-remorque (toutes les cales ont glissé avec la remorque).

Les cales peuvent faillir à leurs tâches de cinq façons différentes, par glissement, par pivotement, par enfoncement dans le sol, par écrasement ou tout simplement en laissant la roue passer au-dessus d'elles.

Lorsque le glissement de la cale est en cause, la cale se retrouve à glisser plus facilement que la roue de la semi-remorque. Selon l'équation $F = \mu_s \bullet N$ [10], la force de friction dépend du coefficient de friction entre les deux matériaux concernés et de la force normale (poids). Puisque le poids de la cale peut être considéré comme négligeable comparé au poids de la semi-remorque, il n'y a que le coefficient de friction qui peut être différent[11]. Le caoutchouc des pneus est conçu pour avoir une bonne friction avec la chaussée, il est donc très probable que la cale ait un coefficient égal ou plus faible. Dans ces conditions, si la roue de la semi-remorque glisse, la cale glisse automatiquement. Il est également possible, lorsque la roue de la semi-remorque roule, que la cale glisse devant la roue. Ceci s'est produit avec quelques modèles de cales et sur une chaussée glissante. Encore une fois, la cause est une force de friction trop faible entre la cale et le sol mais également entre la cale et le pneu de la semi-remorque, ce dernier n'ayant même pas la possibilité de monter sur la cale puisque celle-ci glisse dès qu'il y a contact.

Le deuxième mode de défaillance est le pivotement de la cale. La force transmise du pneu de la semi-remorque à la cale est rarement uniquement verticale, il y a donc une composante horizontale. Si la résultante de ces deux composantes est située à l'extérieur de la cale, alors celle-ci pivotera autour du point le plus rapproché de la cale (figure 7). Une cale plus longue, comme à la figure 8 pourrait être un moyen d'éviter ceci. La norme SAE J348 exige d'ailleurs que les cales aient une longueur 1.73 fois plus grande que la hauteur.

[9] Ceci s'applique à toutes les cales manuelles. Les cales à détection de positionnement et plaque de retenue sont traitées plus en détail dans l'annexe.

[10] «N» représente la force Normale, elle correspond au poids appliqué là où il y a friction.

[11] En considérant une cale à surface de contact plat entre la cale et la chaussée, à l'opposé de la cale à plaque de retenue.

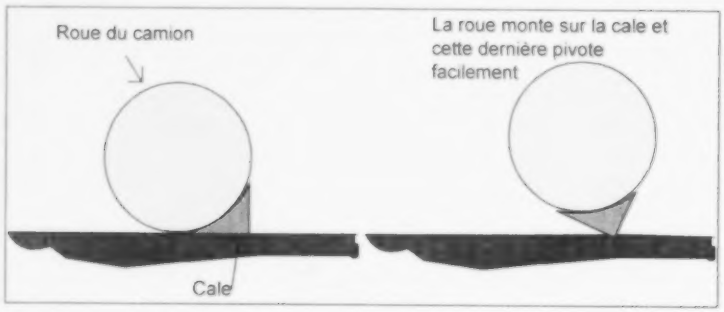


Figure 7. Pivotement de la cale

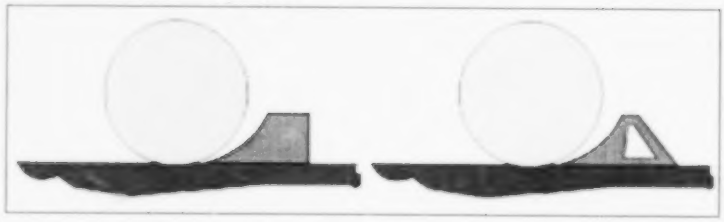


Figure 8. Cale réduisant les probabilités de pivotement

La troisième cause de défaillance est l'enfoncement de la cale dans le sol sous le poids de la semi-remorque. Quand la cale est partiellement enfouie dans la chaussée, elle n'oppose plus la même hauteur à la roue ni le même angle d'inclinaison, donc elle n'a plus la force de retenue qu'elle devrait normalement avoir. La figure 9 démontre sommairement ce principe. Ce problème se présente uniquement lorsque la chaussée est meuble (terre battue) et particulièrement avec les cales ayant une faible surface de contact avec le sol (cale supportée par le contour seulement ou par des pattes). Une façon simple de pallier à ceci est d'augmenter la surface de contact cale/chaussée, ainsi il sera plus difficile de creuser la chaussée.

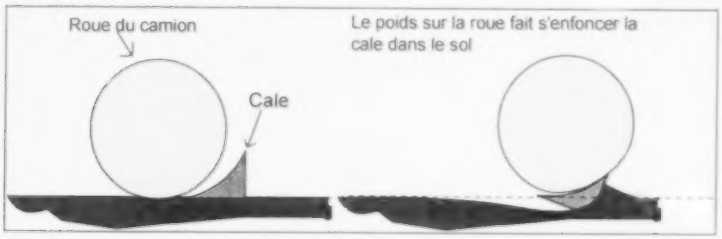


Figure 9. Cale s'enfonçant dans la chaussée

Vient ensuite l'écrasement de la cale, lorsque les cales sont composées d'un matériau mou elles peuvent être écrasées sous le poids de la roue du camion. À ce moment, la cale n'offre que peu de résistance à la semi-remorque (voir figure 10 tirée des essais sur les cales). La solution à ceci est tout simplement de fabriquer la cale dans un matériau plus solide. La norme SAE J348 demande une résistance à une charge verticale en fonction de la grosseur de la roue. Pour une roue de 56.8 cm (22 pouces) de rayon, ce qui est commun pour les semi-remorques rencontrées sur les routes, la cale doit résister à une charge uniformément répartie de 14 000 kg (30 800 lbs).

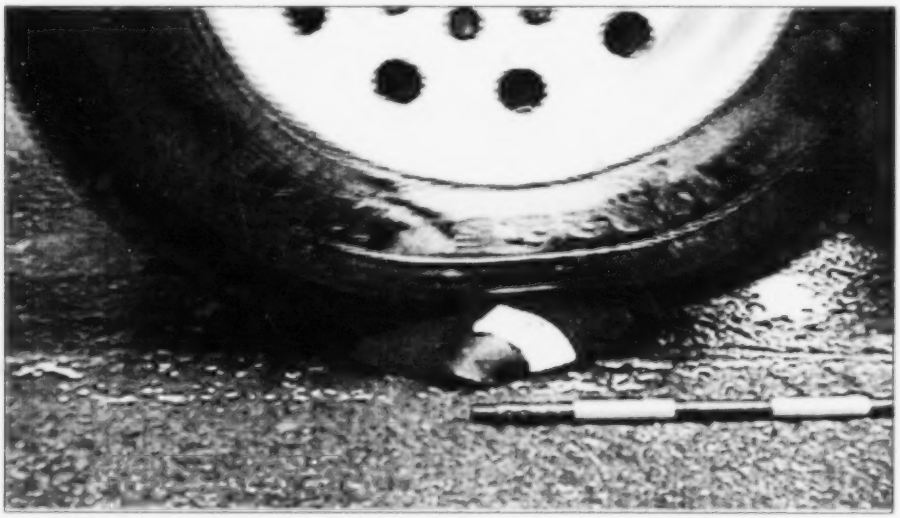


Figure 10. Cale écrasée sous le poids de la roue du camion

Finalement le cinquième mode de défaillance d'une cale de roue se résume simplement au passage de la roue de la semi-remorque par-dessus la cale. La cause principale de cette défaillance est la faible hauteur de la cale, conjuguée avec la déformation du pneu, ce qui était le cas pour quelques cales étudiées, mais tout particulièrement pour la section de 2x4. La norme SAE J348 indique une hauteur de cale en fonction du rayon de la roue de la semi-remorque, pour un rayon de 56,8 cm (22 pouces), une hauteur de cale de 29,8 cm (11.75 pouces) est requise.

Faute de temps et de moyens, l'équipe de recherche n'a pu réaliser tous les tests nécessaires pour démontrer l'effet de toutes les cales dans toutes les circonstances. Généralement un seul essai était effectué par cale dans des conditions données. De plus, le paramètre de l'inclinaison de la cour n'a pu être évalué, même si celui-ci a probablement une influence selon les simulations sur le glissement.

Ces essais ont permis de constater que, de façon évidente, la très grande majorité des cales de roues présentement utilisées au Québec ont une efficacité très limitée contre les événements dangereux de glissement ou de départ inopiné d'un camion du quai. D'autres conclusions n'étant pas reliées aux cales peuvent être tirées de ces essais. Lorsque la chaussée est sèche et asphaltée, la semi-remorque n'avance pas sous les forces de glissement (forces induites par

le chariot), ce qui est conforme aux résultats obtenus par la modélisation sur le glissement. Certains tests ont même été effectués sur des semi-remorques sans freins et la force de friction aux béquilles a été suffisante pour empêcher le mouvement. Il est à noter toutefois que ces essais ont été réalisés sur une surface sans inclinaison avec un chariot léger[12] et une vitesse relativement rapide, cependant il est possible de retrouver dans les établissements des chariots beaucoup plus lourds et/ou se déplaçant plus rapidement.

3.3.7 Modélisation des suspensions à air

La modélisation des suspensions à air a été entreprise suite aux commentaires de caristes recueillis lors des visites ainsi qu'à certaines mentions d'un problème de glissement dans quelques articles recensés dans la littérature. Dans la majorité des cas il était noté que les semi-remorques munies de suspensions à air causaient plus de problèmes de glissement que les semi-remorques équipées de suspension à lame. Dans la grande majorité des cas, aucune explication n'était fournie à ce phénomène. Il n'y avait que constatation d'un certain «avancement» de la semi-remorque lors des travaux de transbordement. Une modélisation a donc été nécessaire pour mieux comprendre le phénomène et déterminer s'il y avait effectivement une augmentation du niveau du risque de glissement lors de l'utilisation de ce type de suspension.

La modélisation a été effectuée sur le logiciel *MathCAD 2000* et simule l'effet des forces du chariot sur une semi-remorque équipée d'une suspension à air. La simulation a démontré qu'il était possible qu'une semi-remorque rampe (glisse) à cause de ce type de suspension. Lorsque la suspension est compressée, la semi-remorque tend à avancer bien que les roues arrières restent en place (voir figure 11). Lorsque le chariot avance un peu plus au fond de la semi-remorque, la charge appliquée sur les roues diminue et la suspension remonte. Cependant, puisque le chariot se trouve plus près des béquilles, la force de friction entre les béquilles et le sol devient plus grande que celle entre les roues et la chaussée. Les roues reviennent donc à leur position de repos non pas en faisant reculer la semi-remorque, mais en glissant de quelques millimètres vers l'avant. Une succession de ces petits glissements peut conduire à un avancement suffisant de la semi-remorque pour que la lèvre du pont niveleur tombe.

[12] Le chariot, sa charge et le conducteur totalisaient 3870 Kg, ce qui est considéré comme un chariot léger.

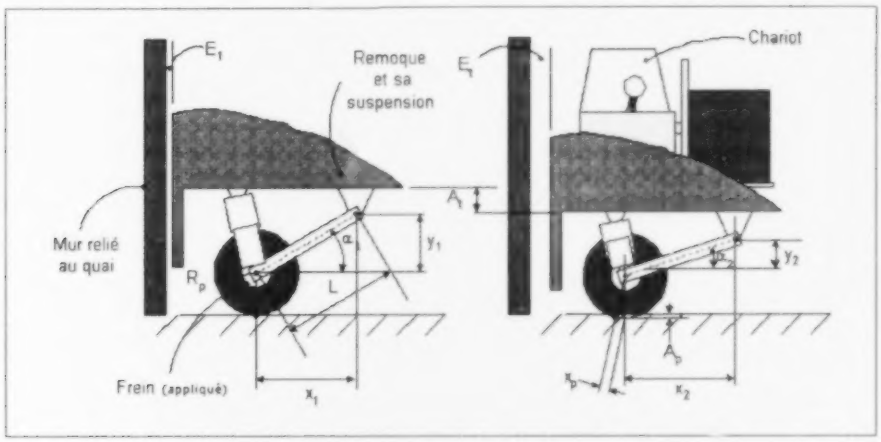


Figure 11. Rampage de la semi-remorque causé par une suspension à air

3.4 Description générale de l'outil

3.4.1 Concepts généraux de l'outil

Le but de l'outil est d'évaluer la sécurité aux quais de transbordement, de suggérer à l'évaluateur les moyens les plus efficaces pour améliorer la sécurité et fournir des informations selon le contexte sur les différentes mesures de retenue afin de lui permettre d'en retirer le maximum du point de vue sécurité. L'outil se divise en trois parties :

1. Un questionnaire de caractérisation contextuelle du quai;
2. Une grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue;
3. Des fiches de mise en œuvre des mesures de retenue.

Les prochains paragraphes présentent le détail de ces trois parties de l'outil. Un exemple d'un cas fictif évalué en utilisant l'intégralité de l'outil est présenté à l'annexe I.

3.4.2 Le questionnaire de caractérisation contextuelle

Ce questionnaire permet à l'évaluateur de définir précisément le contexte du quai pour lequel est réalisée l'évaluation en définissant un niveau de sécurité et l'efficacité des différentes mesures de retenue en se basant sur plusieurs paramètres jugés importants. Ces paramètres proviennent des analyses, modélisations et recherches effectuées au cours du projet. À noter que le questionnaire évalue uniquement les paramètres contextuels du quai et de l'établissement et ne tient pas compte de mesures de retenue déjà en place (qui sont évaluées dans la deuxième partie de l'outil).

Dans un premier temps, la transposition des résultats de l'analyse de risque vers l'outil s'est fait à partir des informations consolidées dans l'ADF global contenant l'ensemble des facteurs de

risques décrivant dans le détail la problématique. Les facteurs de risque ont été classés selon leur impact dans les quatre catégories suivantes :

- Impact sur l'événement dangereux de départ inopiné;
- Impact sur l'événement dangereux de glissement de la semi-remorque;
- Impact sur l'événement dangereux de basculement de la semi-remorque;
- Impact sur l'adéquation ou l'efficacité d'une mesure de retenue.

Par la suite, les facteurs de risque les plus importants de chacune des catégories ont été regroupés pour former le questionnaire d'évaluation contextuel. Ce questionnaire constitue l'élément de base pour la collecte des données servant à l'outil d'évaluation. Ses résultats alimentent une grille qui analyse les données pour faire ressortir le niveau de sécurité en fonction du contexte. Ce questionnaire se retrouve en annexe J et on y trouve une explication de chacune des questions et le justificatif de leur utilisation.

Le questionnaire a été réduit aux trente questions jugées les plus pertinentes dans l'évaluation de la sécurité et de l'efficacité des mesures de retenue. Chacune de ces questions offre à l'évaluateur un choix de réponses à cinq niveaux, la signification de chacune de ces cotes est expliquée dans le tableau 13. Si l'évaluateur reconnaît une de ces situations comme étant celle de l'établissement visé, il choisit la cote reliée à cet énoncé. Deux énoncés intermédiaires (cote 1 et 3) séparent les trois situations principales au cas où la situation ne rejoindrait pas parfaitement un des trois énoncés principaux. Le tableau 14 présente à titre d'exemple une des 30 questions du questionnaire.

Tableau 13. Signification des cotes du questionnaire

Cote	Signification
4	Situation la plus favorable, elle représente un contexte favorable
3	Cote intermédiaire entre 2 et 4
2	Situation médiane
1	Cote intermédiaire entre 0 et 2
0	Situation la plus défavorable

Une fois le questionnaire complété, l'évaluateur peut passer à la prochaine étape en important tout simplement les trente cotes caractérisant l'établissement. Les questions aident également à poser un regard critique sur la sécurité aux quais ciblés. Règle générale, une cote de 4 signifie un niveau de sécurité favorable ou un élément améliorant la sécurité alors qu'une cote de 0 signifie qu'il y a un risque plus grand ou qu'une certaine mesure de retenue risque de ne pas fonctionner. Cela ne veut pas pour autant dire qu'une cote de 4 doit être visée sur chaque question; chaque établissement a des contraintes pouvant empêcher d'améliorer un certain point du questionnaire. La grille d'évaluation contextuelle permet néanmoins d'analyser ces points faibles et d'orienter l'évaluateur dans la recherche de solutions permettant d'améliorer le contexte.

Tableau 14. Exemple d'une question

1. Nature de la chaussée de la cour

Cote	Énoncés
4	La chaussée est pavée (asphaltée ou bétonnée ou plaque spéciale au niveau des roues) et est en bon état.
3	Entre 2 et 4.
2	La chaussée est en gravier ou en pavé de mauvais état.
1	Entre 0 et 2.
0	La chaussée est en sable ou en terre battue.

3.4.3 La grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue

La grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue (figure 12) est basée sur une feuille de calcul *MS-Excel*. Ce support a été choisi en raison de sa simplicité ainsi que de la très grande disponibilité du logiciel dans les établissements. Elle utilise les résultats du questionnaire pour établir les niveaux de sécurité inhérents aux trois événements dangereux ainsi qu'une évaluation contextualisée de l'efficacité des différentes mesures de retenue. Cinq parties distinctes la composent, soit l'acquisition des cotes du questionnaire [partie A sur la figure 12], l'évaluation de la sécurité brute [partie B et C], l'évaluation des mesures de retenue [D], l'amélioration théorique maximale des mesures [E], l'amélioration réelle des mesures [F], le choix des mesures de retenue [G] et l'évaluation de la sécurité finale [H]. Les paragraphes suivants présentent le détail de chacune des différentes parties de la grille. Une description approfondie de cette partie de l'outil se retrouve également en annexe K.

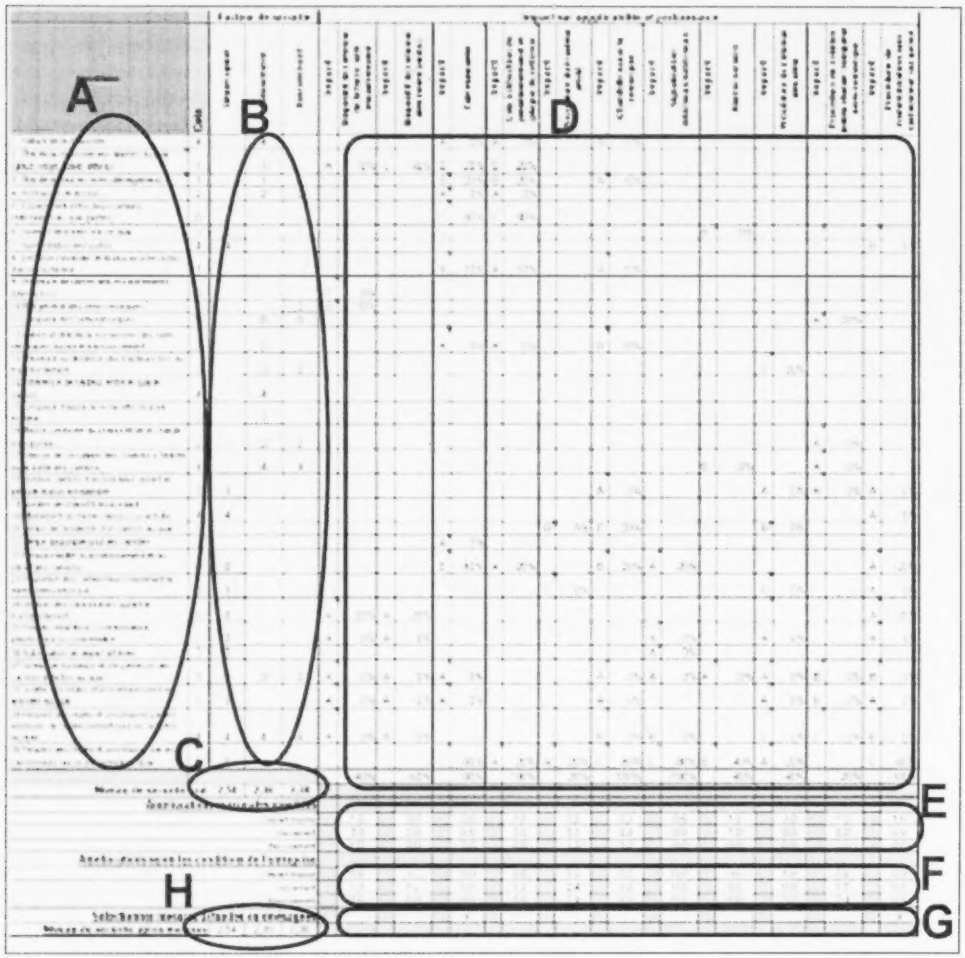


Figure 12. La grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue

3.4.3.1 Acquisition des cotes du questionnaire [partie A]

Dans cette section, l'évaluateur n'a qu'à entrer les résultats du questionnaire de caractérisation contextuelle, une ligne de la grille correspond à chacune des questions. Ces cotes, toujours de 0 à 4, seront traitées dans les sections suivantes. Les résultats entrés dans cette section sont ensuite transposés aux autres sections automatiquement par le chiffrier.

3.4.3.2 *Évaluation du niveau de sécurité brut [parties B et C]*

Le niveau de sécurité du quai par rapport aux trois événements dangereux est déterminé à partir des cotes ayant une influence marquée sur chacun de ces événements. Par exemple, treize des trente questions ont une influence marquée sur l'événement dangereux de départ inopiné. Ces influences ont été établies à partir des résultats de l'analyse des risques. Les résultats entrés par l'évaluateur pour ces questions sont alors transposés automatiquement dans la partie [B] et utilisés pour déterminer le niveau de sécurité brut pour le risque de départ inopiné en calculant la moyenne des cotes. Règle générale, pour chacun des événements dangereux, l'impact de chaque question est semblable, une cote de «0» à une question a sensiblement le même impact qu'une cote de «0» à une autre question. Il y a cependant des exceptions à cette règle dans le cas de l'événement dangereux de basculement. En effet, quelques questions n'ont pas la même influence et le calcul de la moyenne ne peut s'appliquer dans toutes les circonstances. Trois règles spécifiques ont donc été établies pour tenir compte de ces exceptions, elles sont décrites en détail à l'annexe K.

Le résultat final de cette opération, qui se trouve à la partie [C], est le niveau de sécurité brut de chacun des trois événements dangereux. Le niveau de sécurité brut est une indication du potentiel de sécurité en référence au contexte général du quai, en faisant abstraction des mesures de retenue utilisées. Ces valeurs sont à la base du choix des mesures de retenue, chaque mesure implantée pouvant potentiellement améliorer le niveau de sécurité brut d'un ou plusieurs événements dangereux.

3.4.3.3 *Évaluation du potentiel d'applicabilité et d'efficacité des mesures [partie D]*

La recherche a démontré que l'applicabilité et l'efficacité des différentes mesures peuvent varier considérablement en fonction du contexte du quai. Par exemple, si les camions qui se présentent à un quai donné ne sont généralement pas équipés de barres anti-encastrement (comme c'est le cas des camions équipés de plate-forme élévatrice), les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement verront leur potentiel d'efficacité réduit considérablement. La partie [D] de la grille permet donc de déterminer un pourcentage de dévaluation du potentiel d'applicabilité et d'efficacité des différentes mesures en fonction du contexte du quai.

La détermination des pourcentages de dévaluation est fonction des résultats de la partie [A], chacune des trente questions pouvant réduire le potentiel d'efficacité des différentes mesures de retenue. Cependant, l'impact de chacune des questions varie en fonction des mesures concernées. Par exemple, pour l'efficacité potentielle des cales manuelles, la question 5 (distance entre les camions) a un impact beaucoup plus grand que la question 21 (temps disponible par les caristes). En effet, si le camionneur ne peut se glisser entre deux camions pour positionner la cale, celle-ci ne sera pas utilisée. Par contre, si les caristes manquent de temps pour vérifier que la cale est bien placée et agir en conséquence si elle ne l'est pas, on peut présumer que la cale sera tout de même utilisée dans la majorité des cas.

Pour tenir compte de ces différences, quatre règles d'impact ont été définies, soit A, B, C et E. La règle «A» signifie que la question a un impact négatif faible sur l'efficacité de la mesure, comme le temps disponible par les caristes de l'exemple précédent. Dans ce cas, si le résultat de la question (la cote) est de 2, 3 ou 4 alors l'efficacité de la mesure ne s'en trouverait pas réduite. Si la cote est de 1, la dévaluation de l'efficacité de la mesure sera de 10% et si la cote est de 0 sur la question alors la mesure est dévaluée de 20%.

La règle « B » a un impact modéré et la règle « C » a un impact majeur c'est à dire que la dévaluation de l'efficacité de la mesure est de 80% lorsque la cote de la question est «0». Ce contexte a pour effet d'éliminer pratiquement l'effet de la mesure comme dans l'exemple cité plus haut sur les cales : si l'espace est insuffisant entre deux camions pour aller porter une cale, alors la cale devient une mesure inefficace et inapplicable.

Pour ce qui est de la règle E, il s'agit d'une règle particulière associée à la question 20 (temps de résidence d'un camion au quai) en relation avec la mesure des « chandelles sous la semi-remorque ». En effet, dans le cas des mesures « procédure du tracteur attelé » et « procédure de retenue des clefs », si le temps de résidence du camion au quai est long, alors ces mesures sont difficilement applicables. Par contre, si la semi-remorque ne reste que quelques minutes au quai, c'est la mesure « chandelles sous la semi-remorque » qui devient difficilement applicable, en raison du temps requis pour procéder à cette opération. La règle « E » permet donc de tenir compte de ce cas particulier.

L'impact de ces quatre règles est résumé au tableau 15. L'impact de chaque question sur le potentiel d'applicabilité et d'efficacité de chaque mesure a été établi par les membres de l'équipe de recherche, parfois après de longues discussions, basés sur les différentes études et modélisations effectuées au cours du projet. Les justifications des choix de chaque règle d'impact dans la grille sont fournées à l'annexe K.

Tableau 15. Règles de dévaluation du potentiel d'applicabilité et d'efficacité des mesures

Cote -->	0	1	2	3	4	
Règle **A**	-20%	-10%	0%	0%	0%	Faible impact
Règle **B**	-40%	-20%	-10%	0%	0%	Impact modéré
Règle **C**	-80%	-40%	-20%	0%	0%	Impact majeur
Règle **E**	0%	0%	-10%	-20%	-40%	Impact modéré inverse

À partir des résultats entrés dans la partie [A], la feuille de calcul détermine automatiquement les pourcentages de dévaluation pour chaque mesure, ce qui donne la dévaluation totale de la mesure (avec un maximum de -100%). La figure 13 présente un cas simplifié avec 6 questions seulement. Par exemple, la cote de la question 25 est «0» et la règle d'impact est «A». En regardant le tableau 15, on remarque qu'au croisement de A et 0, la dévaluation est de -20%. De façon similaire, les questions 26 et 27 causent respectivement -10% et 0% de dévaluation. La question 28 n'a aucun impact sur l'efficacité de la mesure, il n'y a donc pas de dévaluation. La question 29 a un impact qui utilise la règle B, avec une cote de 3 ceci correspond à une dévaluation de 0%. Quant à la question 30, son impact de C et sa cote de 2 correspondent à -20% de dévaluation. En additionnant tous les pourcentages on obtient la dévaluation totale de -50%. Ces opérations sont effectuées automatiquement dans la feuille de calcul *MS-Excel*.

Questions	Cote	Impact	Signalisation intérieure/extérieure
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	0	A	-20%
26 Autorisation de départ différée	1	A	-10%
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	2	A	0%
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	3		
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	3	B	0%
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	2	C	-20%
			-50%

Figure 13. Exemple de calcul de dévaluation totale

3.4.3.4 *Potentiel d'amélioration maximal théorique de la sécurité par les mesures de retenue [partie E]*

Le potentiel d'amélioration maximal théorique de la sécurité représente l'amélioration maximale à la sécurité que peut apporter une mesure de retenue en fonction des trois événements dangereux. Cette valeur est indépendante du contexte d'utilisation de la mesure. Par exemple la figure 14 montre que pour la mesure « dispositif de retenue de la barre anti-encastrement », l'amélioration potentielle maximale de la sécurité face au départ inopiné est de 1, elle est de 3 contre le glissement et de 1 contre le basculement. Cela signifie qu'un tel dispositif peut être très efficace pour contrer le glissement et qu'il sera, au mieux, d'une efficacité limitée contre les deux autres événements dangereux. Le potentiel d'amélioration de la sécurité de toutes les mesures de retenue a été ainsi évalué en relation avec chaque événement dangereux. Une valeur allant de 0 à 3 a été attribuée à chaque cas. Chaque valeur a été établie par l'équipe de recherche d'après les résultats des différentes études, simulations et essais. La justification des valeurs choisies est présentée à l'annexe K.

3.4.3.5 *Amélioration réelle de la sécurité des mesures de retenue [partie F]*

Tel qu'il en a été question au paragraphe précédent, la recherche a démontré que l'applicabilité et l'efficacité des différentes mesures peuvent varier considérablement en fonction du contexte du quai. Le potentiel d'amélioration maximal théorique de la sécurité de chaque mesure de retenue doit donc être ajusté en fonction du contexte particulier d'un quai donné. L'amélioration réelle de la sécurité des différentes mesures est donc déterminée en appliquant les pourcentages de dévaluation aux potentiels d'amélioration maximum théoriques de chaque mesure. Par exemple, à la figure 14, la dévaluation de la mesure du dispositif de retenue de la barre anti-encastrement (première colonne de chiffre à gauche) est de -40%. 40% a donc été

retiré de l'amélioration maximale possible contre le départ inopiné dont la valeur était 1. L'amélioration réelle de la mesure contre le départ inopiné dans ce contexte donné est donc de 0,6. De même, 40% a été retiré de la valeur 3 de la mesure contre le glissement pour une amélioration réelle de 1,8. Ce sont ces trois valeurs d'amélioration réelle de la sécurité pour chaque mesure qui sont importantes pour les autres étapes.

	Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement	Dispositif de retenue des roues (auto.)	Cale manuelle	Cale à détection de positionnement et plaque de retenue
	-40%	-20%	-60%	-20%
Améliorations maximales possibles				
Départ inopiné	1.0	3	0	1
Glissement	3.0	3	0.5	3
Basculement	1.0	0	0	0
Améliorations réelles				
Départ inopiné	0.6	2.4	0	0.8
Glissement	1.8	2.4	0.2	2.4
Basculement	0.6	0	0	0

Figure 14. Améliorations maximales et réelles des mesures de retenue

3.4.3.6 *Choix des mesures de retenue [partie G]*

Dans cette partie de l'outil, l'évaluateur doit sélectionner les mesures de retenue déjà utilisées dans l'établissement (en cochant les cases correspondantes, voir la figure 15), puis faire une évaluation du niveau de sécurité actuel (décrit au paragraphe suivant). Si le niveau de sécurité est acceptable pour les trois phénomènes dangereux, les démarches peuvent être arrêtées. Cependant, si le niveau de sécurité est jugé insuffisant, l'évaluateur doit faire un ou plusieurs choix parmi les mesures de retenue proposées dans l'outil et regarder à nouveau le niveau de sécurité final. Ce processus est itératif jusqu'à ce que le niveau de sécurité relatif aux trois phénomènes dangereux soit acceptable.

Questions	Cote	Départ opiné	Glissement	Basculement	Impact	Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement	Impact	Dispositif de retenue des roues (auto.)	Impact	Cale manuelle	Impact	Cale à détection de positionnement et plaque de retenue	Impact	Procédure du tracteur attelé	Impact	Chandelle sous la semi-remorque
Améliorations selon les conditions de l'entreprise																
Départ inopiné						0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
Glissement						0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
Basculement						0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
Sélectionner mesures actuelles ou envisagées						x				x						

Figure 15. Exemple de sélection de mesures de retenue

3.4.3.7 *Évaluation de la sécurité finale [partie H]*

Les trois valeurs obtenues à cette étape (figure 16) sont le résultat final de l'outil d'évaluation et indiquent le niveau de sécurité du départ inopiné, du glissement et du basculement respectivement. Elles proviennent de l'addition des améliorations réelles de la sécurité des mesures de retenue sélectionnées avec le niveau de sécurité brut du quai.

Niveau de sécurité après mesures actuelles ou envisagées	4,69	3,72	4,00

Figure 16. Exemple de résultat final

En utilisant de concert la partie [G] et la partie [H] de l'outil, l'évaluateur doit sélectionner des mesures jusqu'à ce que le niveau de sécurité lui paraisse acceptable. Cependant ce niveau acceptable peut différer d'une personne à l'autre. Pour les besoins internes du projet de recherche, l'équipe de recherche a établi le barème suivant :

- un résultat inférieur à 3 : sécurité trop faible, requiert une action immédiate;
- un résultat entre 3 et 4 : sécurité moyenne, une amélioration serait souhaitable;
- un résultat supérieur ou égal à 4 : bon niveau de sécurité, la situation peut être jugée acceptable.

Il est toutefois important de préciser qu'il appartient à l'évaluateur de déterminer lui-même son propre barème en fonction de ses expériences propres et des caractéristiques propres à l'établissement qui fait l'objet de l'évaluation.

Pour aider l'évaluateur dans sa démarche de sélection des mesures de retenue appropriées, les améliorations apportées par chaque mesure sur chacun des trois événements dangereux sont visibles sur l'outil. Par exemple, si une faiblesse est constatée au niveau du glissement, le choix de l'évaluateur doit porter sur une mesure améliorant la condition de glissement. Dans l'exemple de la figure 15, la mesure de dispositif de retenue de la barre anti-encastrement serait intéressante puisqu'elle offre une amélioration réelle de la sécurité contre le glissement d'une valeur 1,5. À l'inverse, la chandelle sous la semi-remorque (la dernière mesure à droite) n'est d'aucune utilité contre cet événement dangereux (valeur d'amélioration réelle de la sécurité

contre le glissement égal à 0). Néanmoins, l'outil se veut être une aide à la sélection des mesures de retenue et ne prétend pas à la vérité absolue. Il convient donc pour l'évaluateur de poser un regard critique sur les résultats obtenus et de faire un choix réfléchi en fonction des besoins et des ressources de l'établissement. Par exemple, certaines mesures viennent avec de fortes contraintes procédurales qu'il faudra implémenter, alors que d'autres demandent des investissements importants.

3.4.4 Les fiches d'information pour la mise en œuvre des mesures

Une fois que l'outil a permis à l'évaluateur de définir un scénario adéquat qui permettra d'obtenir un niveau de sécurité acceptable, l'établissement doit procéder à l'implantation des mesures choisies. Pour ce faire des fiches d'information ont été conçues pour la mise en œuvre des différentes mesures.

Ces fiches, présentées à l'annexe L, contiennent l'information nécessaire pour une implantation adéquate de nouvelles mesures ou pour améliorer l'implantation de mesures existantes. Elles ont été construites à partir des données obtenues lors des essais, études et analyses réalisés, lors des visites d'établissements, par l'étude des dispositifs, par l'analyse de la littérature et enfin, par le jugement d'experts (membres du comité de suivi, personnes interviewées lors des visites, représentants des fabricants). Toutes les données pertinentes concernant les mesures de retenue recueillies au cours du projet s'y retrouvent colligées. L'information contenue dans ces fiches doit être utilisée judicieusement. Il est en effet impossible de cibler toutes les situations possibles dans l'ensemble des établissements et c'est pourquoi les fiches doivent être utilisées comme des guides et non comme une norme stricte. Les points les plus importants ayant été repérés et décris dans les fiches, il est de la responsabilité de l'établissement d'adapter ces informations en fonction de ses besoins.

Une fiche a été complétée pour chacune des 11 mesures et chacune se divise en trois sections[13], soit les considérations physiques, les considérations d'implantation et les considérations procédurales.

- Les considérations physiques regroupent tous les paramètres dont devrait tenir compte l'établissement lorsqu'elle veut acquérir ou fabriquer l'équipement nécessaire à une mesure de retenue.
- Les considérations d'implantation regroupent toutes les opérations qui doivent être entreprises lors de l'implantation, tant sur le plan physique qu'organisationnel, de la mesure de retenue. On y retrouve par exemple des informations sur la formation nécessaire, la mise en place des procédures ou l'installation d'un dispositif. Il est à noter que lors de la formation, les employés devraient être sensibilisés aux trois événements dangereux ciblés dans cette étude, ainsi qu'aux limites des différentes mesures de retenue. Aucune mesure n'est parfaite et une erreur humaine ou une méconnaissance d'une mesure peut conduire à un accident.
- Les considérations procédurales, elles regroupent toutes les informations concernant les procédures qui viennent de pair avec chaque mesure. Les points importants et nécessaires au bon fonctionnement des mesures de retenue y sont énumérés. Les procédures qui y sont décrites sont génériques et doivent être adaptées aux conditions particulières de l'établissement.

[13] La procédure de tracteur attelé et la procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque n'ont des informations que dans les deux dernières sections.

3.5 Validation de l'outil

L'outil d'évaluation a été élaboré en s'appuyant sur le jugement des membres de l'équipe de recherche; jugement basé sur les données obtenues au cours de la recherche. Une démarche de validation de l'outil s'avérait donc nécessaire afin de s'assurer qu'il permettait effectivement de réaliser une évaluation juste et suffisante de la sécurité des différentes mesures de retenues en fonction d'un contexte donné. L'outil a été utilisé pour l'évaluation de douze installations existantes dans des établissements ciblés. Ceci a entre autre permis à l'équipe de recherche de mettre à l'essai le questionnaire de caractérisation contextuel et la grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue dans un contexte réel.

Les résultats des évaluations ont ensuite été analysés afin d'évaluer la validité de l'outil. Les chercheurs ont d'abord vérifié si l'application de l'outil d'évaluation permettait de produire des résultats qui correspondaient bien à la réalité. À cette fin, les niveaux de sécurité obtenus par l'application de l'outil ont été confrontés à l'historique d'incident et d'accident du quai concerné. Ensuite, à la lumière des informations recueillies, chacun des paramètres de l'outil a été évalué par les chercheurs quant à leur adéquation avec la situation réelle. Il s'agissait de déterminer si le résultat obtenu pour chaque paramètre correspondait à la réalité. Par exemple, les chercheurs ont déterminé l'influence du paramètre « inclinaison de la chaussé » sur le risque de glissement de la semi-remorque en comparant l'impact de ce paramètre défini dans l'outil avec l'historique du quai.

Suite à cette étude de validation, quelques ajustements ont été apportés à l outil afin de corriger certaines lacunes observées par les chercheurs. Certaines questions ont été modifiées pour qu'elles soient sans équivoques et plus précises, deux autres ont été modifiées dans le cadre de la validation des résultats numériques. Quant à la grille d'évaluation de la sécurité, l'étude de validation a permis de repérer des résultats qui n'étaient pas conformes au niveau de sécurité réel. En effet, certaines cotes de sécurité s'avéraient généralement faibles alors qu'il n'y avait pas d'incidents ou d'accidents et vice-versa. Certaines modifications ont alors été apportées à la distribution des règles de dévaluation dans la grille pour tenir compte des irrégularités identifiées.

Une nouvelle version de l'outil a alors été créée et les cotes des douze visites de validation ont été réintégrées dans ce nouvel outil. Une fois de plus, quelques irrégularités ont été repérées et une nouvelle série de modifications a été apportée. Cette dernière version a également été mise à l'épreuve avec les résultats des douze visites de validation. Cette fois-ci, les résultats correspondaient d'avantage avec la réalité. L'annexe M contient le détail de l'étude de validation, les résultats de l'outil original et des deux phases de modification ainsi qu'une explication de chacune des modifications importantes effectuées.

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

4.1 Limites de l'outil et applicabilité des résultats

L'objectif principal de ce projet de recherche était de produire un outil d'évaluation de la sécurité des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement.

Bien que l'outil puisse suggérer les caractéristiques intéressantes qu'un système devrait avoir pour être efficace selon le contexte de l'établissement, il ne peut pointer directement sur un modèle disponible sur le marché. Il est d'ailleurs possible qu'aucun modèle sur le marché ne regroupe toutes les caractéristiques nécessaires à une parfaite optimisation de la mesure de retenue. L'outil se limite également aux cas standards rencontrés dans l'industrie et ne peut prévoir toutes les exceptions. Par exemple, les solutions suggérées par l'outil ne seraient pas nécessairement adaptées à un entrepôt construit sur pilotis (qui ne peut s'accommoder de certains modèles de dispositifs).

De plus, une certaine formation est nécessaire au bon fonctionnement de l'outil. Il ne peut, à l'état actuel, être utilisé efficacement par des gens n'ayant reçu aucune formation.

Tel que présenté précédemment, cet outil est basé sur une analyse détaillée de la sécurité des différents types de mesures. Ceci constitue également un résultat intéressant si l'on considère le point de vue des fabricants, vendeurs et installateurs de ces systèmes. Les fabricants, entre autres, pourront utiliser les résultats du présent projet pour améliorer la sécurité de leurs produits.

L'outil a été conçu pour faire un choix éclairé parmi les systèmes offerts et ceci en fonction de la sécurité recherchée ainsi que des contraintes d'opération, environnementales et économiques spécifiques à chaque installation. Il n'est donc pas conçu pour faire un classement global et hors contexte de l'application des différents systèmes de retenue en fonction de paramètres de sécurité prédéterminés.

4.2 Suite au projet et retombées envisagées

Le résultat ultime de ce projet était de transférer l'outil et les compétences requises aux personnes désignées par le milieu pour évaluer les mesures de retenue et sélectionner celles répondant le mieux aux exigences de sécurité, tout en considérant les particularités du milieu de travail dans lequel ces mesures seront mises en oeuvre. Toutefois, l'outil d'évaluation développé dans le cadre de cette recherche n'a pas été conçu pour une diffusion immédiate. Il devra être adapté et donner lieu à un guide d'évaluation associé à une formation spécifique permettant aux personnes concernées d'utiliser l'outil de façon adéquate. Cette seconde phase devrait normalement être pilotée par les personnes et les organismes qui seront appelés à faire usage de l'outil dans leurs activités professionnelles de prévention. Cette prise en charge par le milieu est importante pour que les connaissances générées au cours de cette recherche puissent être adaptées aux besoins spécifiques des personnes concernées.

La diffusion des connaissances générées au cours de cette recherche permettra vraisemblablement d'orienter le choix des mesures de retenue vers des solutions optimales du point de vue de la sécurité tout en étant réaliste pour l'établissement. On peut également s'attendre à certains impacts au niveau de la conception des dispositifs. En effet, puisque les

demandes des évaluateurs seront plus précises, mieux définies et basées sur des informations solides, ceci devrait encourager les fabricants de ces dispositifs à s'ajuster aux nouvelles exigences de leurs clients.

5 BIBLIOGRAPHIE

American Trucking Association (1996). Results of Underride Guard Survey.

Anonyme (2001) Near Miss Leads to Dock Safety Upgrades. Modern Material Handling, Octobre 2001. pp. 81.

ABT, W. et LAUMAN, H.J. « Accidents and Types of Accidents on Fork Lift Trucks » – A Statistical Analysis, HSE translation N° 7846. London, England: Health and Safety Executive, Translation services, (août 1983).

BENOÎT, R. et BÉLANGER, M. Dispositifs d'ancrage de camions – Recueil d'informations techniques, IRSST, Montréal, Études et Recherche, Rapport R-165, 26 p., (août 1997).

BOULIANE, P. et DALIÈRE, M. Guide de prévention - Chariots élévateurs, Montréal, Québec : Association sectorielle Transport Entreposage, 1986.

CHARRON, F. et GAUTHIER, F. Avant-projet de recherche sur la sécurité dans l'utilisation des chariots élévateurs. Rapport final, Groupe de recherche en ingénierie simultanée de l'Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 41 p., (février 1996).

EN 1050 (1995) Sécurité des machines - Principes pour l'appréciation du risque, Comité Européen de Normalisation, 21 p.

IRSST (1995) Analyse d'accidents graves. Document résumé préparé par les membres de l'équipe de recherche. Avant projet de recherche sur les chariots élévateurs, document non publié.

KETCHPAW, B.E. « Changes at the Loading Dock: Safety for the Next Decade », Professional Safety, décembre 1988.

KETCHPAW, B.E. « Don't Let Your Dock Area Get Out of Hand », Safety & Health, novembre 1989.

OSHA Preambles – Truck Training, IV. Studies of Accidents and Injuries Data and Training Effectiveness, part A,
Site internet http://www.osha-slc/Preamble/TT_htlm/TRUCK_TRAINING4.htlm (15 septembre 1999).

OSTBERG , O. et SVENSSON, G. « Fork-lift Trucks, Drivers and Safety at the Warehouse: an Analysis of Critical Incidents », Goteberg Psychological Reports, vol. 3, N° 1, p. 1-8, (1973).

SAE J348, Wheel Chocks, Truck And Bus Chassis and Powertrain Committee, Society of Automotive Engineers, Warrendale, juin 1990.

TISSERAND, M. et ENGLERT, M. Exigences minimales de visibilité au poste de conduite des chariots élévateurs, Vandoeuvre, France : Institut National de Recherche et de Sécurité, Centre de Recherche, 1983.

TISSERAND, M. et SCHOULLER, J. F., Visibilité au poste de conduite des chariots élévateurs. 1ère partie - Analyse des projets de normes, Vandoeuvre, France : Institut National de Recherche et de Sécurité, Centre de Recherche, 1978.

HELLA F., TISSERAND, M. et SCHOULLER, J.F. « Analysis of Eye Movements in Different Tasks Related to the Use of Lift Trucks », Applied Ergonomics, vol. 22, N°2, p. 101-119, (avril 1991).

FMVSS N° 223 Rear Impact Guards for Trailers and Semitrailers subject to FMVSS N° 224, Rear Impact Protection, (janvier 1998).

FMVSS N° 224 Rear Impact Protection- Trailers, Semitrailers with Gross Vehicle Weight Rating of 4 500 kg (10 000 lbs) or more, (janvier 1998).

ÉTUDES ET RECHERCHES

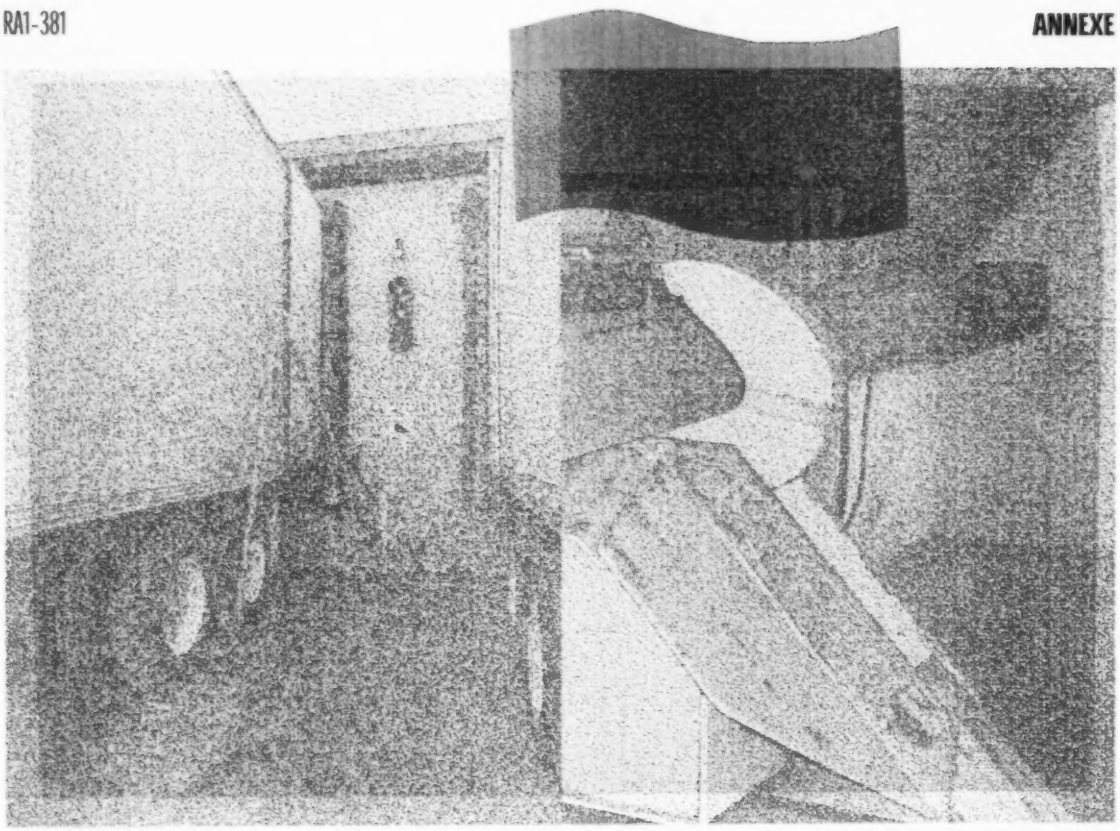
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Grilles de collecte de données utilisées lors des visites sur le terrain

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Masse

RA1-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Grilles de collecte de données utilisées lors des visites sur le terrain

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE A

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Annexe A

Grilles de collecte de données utilisées lors des visites sur le terrain

Établissement

Numéro d'identification de la grille : ÉT-___-___

Entreprise : _____

Date de la visite : _____

Chercheur responsable : _____

Nature de la visite : Visite d'observations spécifiques

Nom de l'entreprise : _____

Adresse : _____

_____

Téléphone : _____ **Fax :** _____

Courriel : _____

Personne contact : _____

Nom du syndicat : _____

Personne contact : _____

Coordonnées : _____

Personnes ressources :

Responsables	Nom	Fonction	Comment rejoindre
Des opérations pour l'usine			
Opérations à la réception			
Opérations à l'expédition			
SST patronal			
SST syndical			
Choix du système			
Installation du système			
Maintenance du système			
Activité dans la cour			
Activation du système			
Désactivation du système			
Formation des caristes			
Autre			
Autre			
Autre			
Autre			
Autre			

Informations générales sur l'entreprise

Produits fabriqués : _____

Domaine d'activité des principaux clients : _____

_____

Début des opérations : Avant 1950 ☐ Entre 1950 et 1980 ☐ Entre 1980 et 2001 ☐

Modifications majeures dans l'usine : Date : _____

Agrandissement ☐ Modifications aux procédés ☐ à la réception : ☐ à l'expédition ☐

Nombre actuel de travailleurs : _____

Nombre de quarts de travail : _____ Nombre de jours/semaine travaillés : _____

Liste des informations sur l'entreprise qui ont été obtenues : _____

_____

Commentaires :

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Informations générales sur la réception et l'expédition des marchandises

Type de marchandises reçues : _____

Type de marchandises expédiées : _____

Nature des charges : Petites ☐ Encombrantes ☐ Fragiles ☐ Instables ☐ Lourdes ☐
Palettisées ☐ Dans des bacs ☐ Autres_____

Réception de marchandises : Tous les jours ☐ Quelque fois/semaine ☐ Quelque fois/mois ☐

Expédition de marchandises : Tous les jours ☐ Quelque fois/semaine ☐ Quelque fois/mois ☐

Nombre de quais de transbordement : Expédition _____ Réception: _____

Le trafic aux quais de transbordement est-il généralement coordonné par un "shunter"?

Oui ☐ Non ☐

S'il n'y a pas de "shunter" est-ce que les chauffeurs qui se présentent aux quais connaissent bien les installations et les procédures ?
Très bien ☐ Un peu ☐ Très peu ☐

Quel est le nombre moyen de camions et/ou de remorque qui se présente à l'ensemble des quais de transbordement de votre établissement à chaque jour (période de 24 heures) :
❑ Moins de 5 ❑ 5 à 10 ❑ 10 à 25 ❑ 25 à 50 ❑ plus de 50

Quelle est la capacité nominale des chariots élévateurs généralement utilisés pour le transbordement des camions et/ou remorques? (cocher la ou les cases correspondantes) :

❑ 1000 à 3000 lbs ❑ 3000 à 5000 lbs ❑ 5000 à 10000 lbs ❑ 10 à 15000 lbs ❑ plus de 15000lbs

Nombre de caristes en service par quart de travail ?
À la réception : De 1 à 3 ☐ De 3 à 6 ☐ De 6 à 10 ☐ Plus de 10 ☐
À l'expédition : De 1 à 3 ☐ De 3 à 6 ☐ De 6 à 10 ☐ Plus de 10 ☐

Est-ce que plus d'un cariste peut accéder à la même remorque/camion ?
Jamais ☐ Rarement ☐ Souvent ☐

Nombre de remorques/camions en chargement/déchargement en même temps ?
Une seule ☐ De 1 à 3 ☐ De 3 à 5 ☐ De 5 à 10 ☐ Plus de 10 ☐

Nombre de voyages (du cariste) requis pour charger une remorque/camion (en moyenne) ?
Moins de 10 ☐ De 10 à 20 ☐ De 20 à 30 ☐ De 30 à 40 ☐ De 40 à 50 ☐ Plus de 50 ☐

Nombre de voyages (du cariste) requis pour décharger une remorque/camion ?

Moins de 10 ☐ De 10 à 20 ☐ De 20 à 30 ☐ De 30 à 40 ☐ De 40 à 50 ☐ Plus de 50 ☐

Informations générales sur les systèmes de retenus

Les dispositifs de sécurité aux quais de transbordement utilisés dans votre établissement

			Ces dispositifs sont-ils associés à un système de signalisation (système de lumières)?			
Dispositifs de sécurité utilisés aux quais de transbordement dans votre établissement (voir descriptions à la fin du questionnaire)	Nombre de quais équipés	Âge moyen	Tous	La majorité	Quelques-uns	Aucun
❑ Cales de roues à positionnement manuel Marque :_____ Modèle :_____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑
❑ Cales de roues positionnement manuel reliées à un bras articulé Marque :_____ Modèle :_____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑
❑ Dispositifs de retenu de la barre anti-encastrement (barre ICC) Marque :_____ Modèle :_____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑
❑ Dispositif de retenu à cale de roue à positionnement mécanique Marque :_____ Modèle :_____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑
❑ Système de signalisation seul (système de lumière) Marque :_____ Modèle :_____	_____	___ans	S/O	S/O	S/O	S/O
❑ Autre dispositif (préciser): _____ _____ _____ _____ Marque :_____ Modèle :_____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑

Informations générales sur les activités du travail (y compris celles associées à l'opération des systèmes de retenus)

Qui est responsable de la communication avec les chauffeurs ?
Le contremaître ☐ Le coordonnateur ☐ Un cariste (en charge) ☐ Autres : _____

Qui est responsable de la planification des activités ?
Le contremaître ☐ Le coordonnateur ☐ Un cariste (en charge) ☐ Autres : _____

Qui est responsable de la mise en place des systèmes de retenu ?
Le contremaître ☐ Le coordonnateur ☐ Un cariste (en charge) ☐ Autres : _____

Qui est responsable de désengager les systèmes de retenu ?
Le contremaître ☐ Le coordonnateur ☐ Un cariste (en charge) ☐ Autres : _____

Dans les faits qui engage ou désengage les systèmes de retenu ?
Le contremaître ☐ Le coordonnateur ☐ Un camionneur ☐ Cariste (en charge) ☐
N'importe quel cariste ☐ Autres : _____

Qui peut autoriser le départ du camion ?
Le contremaître ☐ Le coordonnateur ☐ Un cariste (en charge) ☐ Autres : _____

Ces responsabilités sont-elles clairement définies dans une procédure ?
Oui ☐ Non ☐

Si oui, y a-t-il copie de cette procédure au dossier ?
Oui ☐ Non ☐ À venir ☐

Quels sont les principales difficultés associées à l'application de cette procédure ?

_____

_____

_____

Quels sont les principales difficultés associées à l'arrimage des remorques au quai de transbordement ?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Stratégie de recueil d'informations pour l'entreprise

Recueil des informations sur les installations et activités aux quais (grille de quai)

Date prévue : _____

Personnes participantes :

_____

_____

_____

_____

Recueil des informations sur les systèmes et leur fonctionnement (grille systèmes)

Date prévue : _____

Personnes participantes :

_____

_____

_____

_____

Recueil des informations sur le point de vue des utilisateurs, les modalités d'utilisation et l'analyse rétrospective (grille "perspective utilisateurs" et "analyse rétrospective")

Date prévue : _____

Personnes participantes :

Environnement quai

Numéro d'identification de la grille : EQ-___-___
Entreprise : _____
Date de la visite : _____
Chercheur responsable : _____
Nature de la visite : Visite d'observations spécifiques

Désignation des quais de transbordement

# Quais	Réception	Expédition
	☑	☑
		☑
	☑	

Cour (indiqué au besoin les numéros de quais correspondants)

Type de quai

❑ Quai intérieur (avec hangar) ❑ Quai extérieur (sans hangar)

❑ Protection contre les intempéries au-dessus du camion ou de la remorque ❑ Protection contre les intempéries autour de l'ouverture

Espace sensible

❑ À la pluie ❑ À la neige

Nature de la cour (au pied du quai)

❑ Incliné vers le quai	❑ Incliné vers la cour	❑ Plat
❑ Un peu	❑ Un peu	
❑ Moyen	❑ Moyen	
❑ Beaucoup	❑ Beaucoup	

État de la chaussée (au pied du quai)

❑ Asphalte ❑ Béton ❑ Gravier ❑ Autre (préciser terre, sable, etc..)_____

❑ Bonne ❑ Moyenne ❑ Mauvaise

État de la chaussée l'hiver (au pied du quai)

❑ Souvent enneigée ❑ Souvent glacée ❑ Roulières profondes ❑ Autre (préciser)_____

Drainage

❑ Sur toute la longueur du ou des quais ❑ Localisé ❑ Pas de drain

Dimensions

Mesure	**Maximum (cm)**	**Minimum (cm)**
Distance entre deux portes (mesurée d'une ouverture à l'autre)		
Hauteur du quai par rapport au sol		
Largeur de la porte		
Hauteur de la porte		
Distance entre le bord du quai et le plancher du camion ou de la remorque		
Distance de la plus proche porte d'accès intérieur-extérieur (**mètres**)		

Éléments du quai

Porte

❑ Rideau ❑ Ouvre vers le haut ❑ Autre (préciser) :_____
Vision au travers de la porte : ❑ Oui ❑ Non

Pont de liaison

❑ Manuel ❑ Automatique ❑ À commande

Butoirs

❑ En haut de la remorque	❑ Au niveau remorque	❑ Au niveau pare choc
❑ Bon état	❑ Bon état	❑ Bon état
❑ Moyen	❑ Moyen	❑ Moyen
❑ Mauvais état	❑ Mauvais état	❑ Mauvais état

Barrière pour les chariots

❑ Chaîne ❑ Garde ❑ Autre (préciser) :_____

Éclairage

❑ Extérieur	❑ De l'intérieur (boîte) du camion ou de la remorque	❑ Repères d'alignement du camion
❑ Faible	❑ Faible	❑ Faible
❑ Moyen	❑ Moyen	❑ Moyen
❑ Bon	❑ Non	❑ Bon

Éblouissement : _____

État général

Quai :	❑ Bon état	❑ Moyen	❑ Mauvais état
Pont de liaison :	❑ Bon état	❑ Moyen	❑ Mauvais état
Plancher :	❑ Bon état	❑ Moyen	❑ Mauvais état

L'aire du quai est généralement

❑ Très encombré ❑ Encombré ❑ Assez dégagé ❑ Dégager

Dispositifs de retenue

Numéro d'identification de la grille : DR-___-___
Entreprise : _____
Date de la visite : _____
Chercheur responsable :
_____
Nature de la visite : Visite d'observations spécifiques

1 IndentificATION DU(des) DISPOSITIF(s)

Dispositif(s)

Dispositif # 1	Cale ❑	Cale avec bras ❑	Barre ICC _____	Cale mécanique ❑	Autre _____
Marque			Modèle		
Fournisseur			Installateur		

Dispositif # 2	Cale ❑	Cale avec bras ❑	Barre ICC _____	Cale mécanique ❑	Autre _____
Marque			Modèle		
Fournisseur			Installateur		

Dispositif # 3	Cale ❑	Cale avec bras ❑	Barre ICC _____	Cale mécanique ❑	Autre _____
Marque			Modèle		
Fournisseur			Installateur		

Dispositif # 4	Cale ❑	Cale avec bras ❑	Barre ICC _____	Cale mécanique ❑	Autre _____
Marque			Modèle		
Fournisseur			Installateur		

Quais de transbordement équipés

# Quais	Dispositif #	Réception	Expédition	Année d'installation	# Grille environnement quai référence
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___
					EQ-___-___

2 Dispositif de retenu mécanique

Cales de roues à positionnement manuel

Poids de la cale : _____Kg

Localisation (rangement) : _____

Ratio nombre de cales / nombre de quais (portes) : _____

Utilisation

	Gauche	Droit
Roue avant du camion	❑	❑
Roue arrière du camion ou de la remorque	❑	❑

Facilité à retirer la cale

	Toujours	La plupart du temps	Quelques fois	Rarement
Facile	❑	❑	❑	❑
Moyennement facile	❑	❑	❑	❑
Difficile	❑	❑	❑	❑

État des cales

Nombre de cales	Bon état	État moyen	Mauvais état
	❑	❑	❑
	❑	❑	❑
	❑	❑	❑

Liste des photos

- ❑ Cale vue de côté
- ❑ Cale vue de face
- ❑ Cale vue de dessous
- ❑ Dispositif d'accueil au sol (si existant)
- ❑ Poignée (si existante)
- ❑ Outil (si existant)
- ❑ Lieu de rangement (si existant)
- ❑ Exemple d'utilisation de la cale
- ❑ Mauvais état (si c'est le cas)

2.1 Cales de roues positionnement manuel reliées à un bras articulé

Dimensions de la cale

Hauteur maximale de la surface d'appui sur la roue par rapport au sol	Largeur de la surface d'appui sur la roue	Longueur de la surface d'appui au sol	Largeur de la surface d'appui au sol	Forme de la surface d'appui sur la roue	Si forme plane, angle de la surface d'appui par rapport à l'horizontal
_____cm	_____cm	_____cm	_____cm	❑ Plane ❑ Arrondie	_____degrés

Portée du dispositif

Portée longitudinale maximale	Portée longitudinale minimale	Portée latérale maximale côté camion	Portée latérale minimale côté camion	Positionnée côté « conducteur »	Positionnée côté « passager »
_____cm	_____cm	_____cm	_____cm	❑	❑

Fixation du dispositif

	Hauteur p/r au sol	Distance de la porte
Fixation au mur	_____cm	_____cm
Fixation au sol	/	_____cm

Matériaux de la cale

❑ Caoutchouc ou plastique ❑ Bois ❑ Métal

Nature de la surface d'appui au sol

❑ Caoutchouc ou plastique ❑ Bois ❑ Métal

Géométrie de la surface d'appui

❑ Plane ❑ Avec crans : _____ cm

Divers

	Oui	Non
Présence d'un dispositif au sol pour l'accueillir	❑	❑
Présence d'une poignée sur la cale	❑	❑
Présence d'une poignée sur la potence	❑	❑
Présence d'un outil pour l'enlever	❑	❑
Présence d'un capteur de position du bras	❑	❑
Dispositif sensible à la glace ou au givre	❑	❑

Forces

	Longitudinale	Latérale
Force de rappel du ressort à portée maximale	_____ N	_____ N
Force de rappel du ressort à mi-portée	_____ N	_____ N
Force de rappel du ressort à portée minimale	_____ N	_____ N
Force d'extraction normale de la cale	/	_____ N

Facilité à retirer la cale

	Toujours	La plupart du temps	Quelques fois	Rarement
Facile	❑	❑	❑	❑
Moyennement facile	❑	❑	❑	❑
Difficile	❑	❑	❑	❑

État général du dispositif (cales)

Nombre de dispositifs	Bon état	État moyen	Mauvais état
	❑	❑	❑
	❑	❑	❑
	❑	❑	❑

État général du dispositif (potences)

Nombre de dispositifs	Bon état	État moyen	Mauvais état
	❑	❑	❑
	❑	❑	❑
	❑	❑	❑

Liste des photos

- ❑ Cale + potence vue de côté
- ❑ Cale + potence vue de face
- ❑ Portée longitudinale maxi – mini

- Portée latérale maxi – mini
- Vue générale extérieure (pour savoir le côté de l'implantation)
- Vue détaillée de la fixation du dispositif au sol ou au mur
- Cale vue de dessous
- Dispositif d'accueil au sol (si existant)
- Poignée (si existante)
- Outil (si existant)
- Exemple d'utilisation de la cale
- Mauvais état (si c'est le cas – cale ou potence)

2.2 Dispositifs de retenu de la barre anti-encastrement (barre ICC)

Nature du mécanisme

❑ Crochet ❑ Tige ❑ Bras basculant

Mouvement du mécanisme

Mouvement effectué pour positionner le dispositif	Mouvement effectué pour retirer le dispositif

Source de puissance

	Manuelle	Ressort	Hydraulique	Pneumatique	Électro-mécanique	Gravité
Pour mise en place	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Pour retrait	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Le camion participe-t-il au positionnement ou au retrait?

❑ Oui _____

❑ Non_____

Effet de la perte de la source de puissance principale du système :

À la mise en place

Lors du maintien

Lors du retrait

Force de retenue spécifiée

_____Lbs /
Kg

Exposition du dispositif

	Oui	Non
Exposé à l'eau et à la neige	❑	❑
Exposé à l'équipement de déneigement	❑	❑
Exposé aux chutes d'objet	❑	❑
Dispositif sensible à la glace ou au givre	❑	❑
Dispositif sensible au froid intense	❑	❑
Possède un système de chauffage	❑	❑

Position de montage (au repos) et dimensions

Hauteur : _____cm Largeur : _____cm Profondeur : _____cm	Boulonné	Noyé dans le béton	Ne sais pas	Précisions
Sur le mur	❑	❑	❑	Hauteur : _____cm
Sur le sol	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
En coin (conjointement appuyé au mur et au sol)	❑	❑	❑	
Dans le mur (sous le pont de liaison)	❑	❑	❑	Hauteur : _____cm
Dans le sol (à demi enfoui)	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
Sous le sol (pas de saillie)	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
Garde au sol (hauteur du sol à partir de laquelle il n'y a pas d'obstacle créé par le dispositif)				_____cm
Distance du mur (distance de projection du mur créée par le dispositif)				_____cm

Maintien de la barre ICC

	Vertical	Horizontal	Latéral
Jeu de déplacement de la barre ICC (faibles contraintes)	❑	❑	❑
Déplacement possible de la barre ICC sous fortes contraintes	❑	❑	❑
Se déplace avec remontée ou descente de la barre ICC lors du transbordement			Oui / Non
Jeu vertical autorisé (remontée ou descente de la barre ICC lors du transbordement)			_____cm

Distances de prise (dispositif activé ou en activation)

Hauteur maximale de prise des barres ICC (du sol)	_____cm
Hauteur minimale de prise des barres ICC (du sol)	_____cm
Distance maximale de prise des barres ICC (du mur)	_____cm
Distance minimale de prise des barres ICC (du mur)	_____cm

Distance de désengagement

Hauteur minimum pour désengagement (du sol)	_____cm
Hauteur maximum pour désengagement (du sol)	_____cm
Distance maximale pour désengagement (du mur)	_____cm
Distance minimale pour désengagement (du mur)	_____cm

État général du dispositif

Nombre de dispositifs	Bon état	Déformation manifeste	Usure manifeste	Corrosion importante	Mauvais état général (préciser)
	❑	❑	❑	❑	❑
	❑	❑	❑	❑	❑
	❑	❑	❑	❑	❑

Liste des photos

- ❑ Nature du dispositif (crochet, tige, bras basculant)
- ❑ Exemple d'utilisation de la cale (général)
- ❑ Dispositif vu de côté (les 2)
- ❑ Dispositif vu de face
- ❑ Dispositif vu de dessus
- ❑ Interactions précises barre / dispositif (plusieurs photos)
- ❑ Photo dispositif à vide pour les hauteurs et distances mini – maxi de fonctionnement
- ❑ Mauvais état (si c'est le cas – déformation, usure, corrosion, état général)

Dispositif de retenu à cale de roue à positionnement mécanique

Dimensions de la cale

Hauteur maximale de la surface d'appui sur la roue par rapport au sol	Largeur de la surface d'appui sur la roue	Longueur de la surface d'appui au sol	Largeur de la surface d'appui au sol	Forme de la surface d'appui sur la roue	Si forme plane, angle de la surface d'appui par rapport à l'horizontal
_____cm	_____cm	_____cm	_____cm	❑ Plane ❑ Arrondie	_____degrés

Dimensions du dispositif de retenu

Hauteur maximale de la surface d'appui sur la roue par rapport au sol	Largeur de la surface d'appui sur la roue	Forme de la surface d'appui sur la roue	Si forme plane, angle de la surface d'appui par rapport à l'horizontal
_____cm	_____cm	❑ Plane ❑ Arrondie	_____degrés

Portée du dispositif

Portée longitudinale maximale	Portée longitudinale minimale	Portée latérale maximale	Portée latérale minimale	Positionnée côté « conducteur »	Positionnée côté « passager »
_____cm	_____cm	_____cm	_____cm	❑	❑

Facilité à retirer la cale

	Toujours	La plupart du temps	Quelques fois	Rarement
Facile	❑	❑	❑	❑
Moyennement facile	❑	❑	❑	❑
Difficile	❑	❑	❑	❑

Mouvement du mécanisme

Mouvement effectué pour positionner le dispositif	Mouvement effectué pour retirer le dispositif

Source de puissance

	Manuelle	Ressort	Hydraulique	Pneumatique	Électro-mécanique	Gravité
Pour mise en place	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Pour retrait	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Le camion participe-t-il au positionnement ou au retrait?

- ❑ Oui _____
- ❑ Non_____

Effet de la perte de la source de puissance principale du système :

À la mise en place
Lors du maintien
Lors du retrait

Force de retenue spécifiée

_____Lbs /
Kg

Position de montage (au repos) et dimensions

Hauteur : _____cm Largeur : _____cm Profondeur : _____cm	Boulonné	Noyé dans le béton	Ne sais pas	Précisions
Sur le sol	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
En coin (conjointement appuyé au mur et au sol)	❑	❑	❑	
Dans le sol (à demi enfoui)	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
Sous le sol (pas de saillie)	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm

Garde au sol (hauteur du sol à partir de laquelle il n'y a pas d'obstacle créé par le dispositif)	_____cm
Distance du mur (distance de projection du mur créée par le dispositif)	_____cm

Guide physique pour les roues du camion	❑ Oui	❑ Non

Exposition du dispositif

	Oui	Non
Exposé à l'eau et à la neige	❑	❑
Exposé à l'équipement de déneigement	❑	❑
Exposé aux chutes d'objet	❑	❑

Dispositif sensible à la glace ou au givre	❑	❑
Dispositif sensible au froid intense	❑	❑
Possède un système de chauffage	❑	❑

2.2.1 État général du dispositif

Nombre de dispositifs	Bon état	Déformation manifeste	Usure manifeste	Corrosion importante	Mauvais état général (préciser)
	❑	❑	❑	❑	❑
	❑	❑	❑	❑	❑
	❑	❑	❑	❑	❑

Liste des photos

- ❑ Dispositif vu de côté (les 2)
- ❑ Dispositif vu de face
- ❑ Dispositif vu de dessus
- ❑ Portée longitudinale maxi – mini (coté, dessus, face)
- ❑ Vue générale extérieure (pour savoir le côté de l'implantation)
- ❑ Exemple d'utilisation du dispositif
- ❑ Mauvais état (si c'est le cas – déformation, usure, corrosion, général)

2.3 Autre dispositif

Description

_____
_____
_____
_____
_____

Schéma du dispositif

Source de puissance

	Manuelle	Ressort	Hydraulique	Pneumatique	Électro-mécanique	Gravité
Pour mise en place	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Pour retrait	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Le camion participe-t-il au positionnement ou au retrait?

- ❑ Oui _____
- ❑ Non_____

Effet de la perte (ou de la réduction ex. pression hydraulique) de la source de puissance :

Force de retenue spécifiée ou théorique

_____Lbs /
Kg

Position de montage

Hauteur : _____cm Largeur : _____cm Profondeur : _____cm	Boulonné	Noyé dans le béton	Ne sais pas	Précisions
Sur le mur	❑	❑	❑	Hauteur : _____cm
Sur le sol	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
En coin (conjointement appuyé au mur et au sol)	❑	❑	❑	
Dans le mur (sous le pont de liaison)	❑	❑	❑	Hauteur : _____cm
Dans le sol (à demi enfoui)	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm
Sous le sol (pas de saillie)	❑	❑	❑	Distance du mur : _____cm

Garde au sol (hauteur du sol à partir de laquelle il n'y a pas d'obstacle créé par le dispositif)	_____cm
Distance du mur (distance de projection du mur créée par le dispositif)	_____cm

Exposition du dispositif

	Oui	Non
Exposé à l'eau et à la neige	❑	❑
Exposé à l'équipement de déneigement	❑	❑
Exposé aux chutes d'objet	❑	❑
Dispositif sensible à la glace ou au givre	❑	❑
Dispositif sensible au froid intense	❑	❑
Possède un système de chauffage	❑	❑

État général du dispositif

Nombre de dispositifs	Déformation manifeste	Usure manifeste	Corrosion importante	Mauvais état général (préciser)
	❑	❑	❑	❑
	❑	❑	❑	❑
	❑	❑	❑	❑

Liste des photos

- ❑ Dispositif vu de côté
- ❑ Dispositif vu de face
- ❑ Dispositif vu de dessus
- ❑ Plein d'autres...

3 INTERFACE de commande

Interface de commande du dispositif de retenu

Identification et plaque signalétique du boîtier

Localisation et dimensions du boîtier

Boîtier	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____

_____

Visibilité pratique : _____

_____

Indicateurs

Indicateur	#	Lumineux	Sonore	Textuel	Graphique /Pictogramme
	1	❑	❑	❑	❑
	2	❑	❑	❑	❑
	3	❑	❑	❑	❑
	4	❑	❑	❑	❑
	5	❑	❑	❑	❑
	6	❑	❑	❑	❑

Un indicateur est un témoin lumineux, une indication écrite, un pictogramme... associé à un actionneur qui sera décrit en page suivante. Un indicateur **ne fait pas partie** du système de signalisation informant de l'état du système de retenue.

Commande

La mise en place du dispositif de retenue est-elle commandée automatiquement par le bon fonctionnement de la plaque :

- ❑ Oui _____
- ❑ Non_____

Existe-t-il un mode manuel pour la mise en place du dispositif de retenue :

- ❑ Oui _____
- ❑ Non_____

Actionneurs

Actionneur	#	À clé	BP		Sélecteur			Inter levier			Inter bascule			Potentiomètre	Clavier alnum	Touche numérique	Écran tactile
			Maintenu	Impulsion	Maintenu	Impulsion		Maintenu	Impulsion		Maintenu	Impulsion					
					N positions	1 position	2 positions	N positions	1 position	2 positions	N positions	1 position	2 positions				
	A	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	B	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	C	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	D	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	E	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	F	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	G	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	H	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	I	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	J	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Schéma de repérage des actionneurs / indicateurs

Matrice de relations actionneurs / indicateurs

		Actionneurs									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Indicateurs	1	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	2	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	3	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	4	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	5	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	6	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	7	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	8	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	9	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	10	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Interface de commande de la plaque

Identification du boîtier

Identification et plaque signalétique

Localisation et dimensions du boîtier

Boîtier	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____

_____

Visibilité pratique : _____

_____

Indicateurs

Indicateur	#	Lumineux	Sonore	Textuel	Graphique /Pictogramme
	1	❑	❑	❑	❑
	2	❑	❑	❑	❑
	3	❑	❑	❑	❑
	4	❑	❑	❑	❑
	5	❑	❑	❑	❑
	6	❑	❑	❑	❑
	7	❑	❑	❑	❑
	8	❑	❑	❑	❑
	9	❑	❑	❑	❑
	10	❑	❑	❑	❑

Un indicateur est un témoin lumineux, une indication écrite, un pictogramme... associé à un actionneur qui sera décrit en page suivante. Un indicateur **ne fait pas partie** du système de signalisation informant de l'état du système de retenue.

Actionneurs

Actionneur	#	À clé	BP		Sélecteur			Inter levier			Inter bascule			Potentiomètre	Clavier numérique	Touche numérique	Écran tactile
			Maintenu	Impulsion	Maintenu	Impulsion		Maintenu	Impulsion		Maintenu	Impulsion					
					N positions	1 position	2 positions	N positions	1 position	2 positions	N positions	1 position	2 positions				
	A	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	B	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	C	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	D	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	E	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	F	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	G	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	H	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	I	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	J	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Lien entre l'interface de commande de la plaque et l'interface de commande du dispositif de retenu

Si oui, le décrire.

Schéma de repérage des actionneurs / indicateurs

Matrice de relations actionneurs / indicateurs

		Actionneurs									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Indicateurs	1	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	2	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	3	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	4	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	5	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	6	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	7	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	8	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	9	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	10	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

4 Système DE signalisation

Signalisation intérieure

Localisation et dimensions des éléments

		Fait partie du boîtier de l'interface	
	Identification	Du dispositif de retenu	De la plaque
Élément # 1		❑	❑
Élément # 2		❑	❑
Élément # 3		❑	❑

Si boîtier distinct de l'interface

Élément # 1	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____
Visibilité pratique : _____
Peut être masqué par : _____

Élément # 2	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____
Visibilité pratique : _____
Peut être masqué par : _____

Élément # 3	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____
Visibilité pratique : _____
Peut être masqué par : _____

Description des indicateurs

Indicateur	#	Lumineux				Sonore		Textuel				Pictogramme	Forme	Taille
		Fixe	Clignotant	⊗	Led	Fixe	Intermittent	Fr	Ang	Endroit	Envers			
	1			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	2			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	3			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	4			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	5			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	6			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	7			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	8			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	9			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	10			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
		Indiquer la couleur										Dessin		

Liste des couleurs :

B	bleu	V	vert
Bl	blanc	J	jaune
R	rouge	O	orange

Signalisation extérieure

Localisation et dimensions des éléments

	Identification
Élément # 1	
Élément # 2	
Élément # 3	

Élément # 1	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____
Visibilité pratique : _____
Peut être masqué par : _____

Élément # 2	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____
Visibilité pratique _____
Peut être masqué par : _____

Élément # 3	Hauteur : _____cm	Largeur : _____cm	Profondeur : _____cm	
Localisation	❑ À droite porte	❑ À gauche porte	Distance au sol : _____cm	Distance porte : _____cm

Visibilité théorique : _____
Visibilité pratique : _____
Peut être masqué par : _____

Description des indicateurs

Indicateur	#	Lumineux				Sonore		Textuel				Pictogramme	Forme	Taille
		Fixe	Clignotant	⊗	Led	Fixe	Intermittent	Fr	Ang	Endroit	Envers			
	1			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	2			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	3			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	4			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	5			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	6			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	7			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	8			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	9			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
	10			❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑			
		Indiquer la couleur										Dessin		

Liste des couleurs :

B	bleu	V	vert
Bl	blanc	J	jaune
R	rouge	O	orange

Perspective utilisateurs

Numéro d'identification de la grille : PU-___-___

Entreprise : _____

Date de la visite : _____

Chercheur responsable : _____

Nature de la visite : Visite d'observations spécifiques

Note : Il s'agit ici de la synthèse des informations recueillies lors d'entretiens individuels et/ou en groupe. À remplir par le responsable du dossier en cours d'intervention.

5 Démarche ayant conduit à l'installation du/des dispositifs

Comment les représentants patronaux évaluent-ils le niveau de risque aux quais de transbordement ?

Très élevé ☐ Moyennement élevé ☐ Faible ☐ Inexistant ☐

Comment les représentants des travailleurs évaluent-ils le niveau de risque aux quais de transbordement ?

Très élevé ☐ Moyennement élevé ☐ Faible ☐ Inexistant ☐

Quels sont les risques (associés aux activités de transbordement) qui ont été le plus mentionnés ?

_____

_____

Ces risques sont-ils traités dans le programme de prévention ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, précisez : _____

Quels facteurs ont le plus contribué à l'installation du/des dispositifs?

Accidents et/ou incidents à l'usine : Oui ☐ Non ☐ Précisez _____
Accidents et/ou incidents ailleurs : Oui ☐ Non ☐ Précisez _____
Politique d'entreprise ☐ Programme de prévention ☐ Demande du CSS ☐
Demande des caristes ☐ Intervenants externes ☐ Autres : _____

Lors de l'acquisition du/des dispositifs, qui a contribué à définir les besoins?

Les responsables des opérations ☐ L'ingénierie ☐ Le CSS ☐ Les caristes ☐
Autres : _____

Qui a choisi le/les dispositifs ?

Les responsables des opérations ☐ L'ingénierie ☐ Le CSS ☐ Les caristes ☐
Autres : _____

Quels types d'informations ont été utilisées lors du choix du/des dispositifs?

Vendeurs ☐ Catalogues ☐ Autres utilisateurs ☐ Conseillers en prévention ☐
Publications d'organismes de prévention ☐ Autres : _____

Quels sont les principaux critères utilisés lors du choix du/des dispositifs ?

Efficacité ☐ Fiabilité ☐ Facilité d'utilisation ☐ Facilité d'installation ☐
Coûts d'achat ☐ Coûts d'installation ☐ Autres : _____

Lister les dispositifs retenus et indiquer la raison principale invoquée pour justifier son choix.

Dispositif no 1 : _____ Raison : _____

Dispositif no 2 : _____ Raison : _____

Dispositif no 3 : _____ Raison : _____

Dispositif no 4 : _____ Raison : _____

Qu'est-ce qui aurait facilité le choix du/des dispositifs ?

_____

_____

Les futurs utilisateurs ont-ils été consultés lors du choix final ?

Oui ☐ Non ☐

Y a-t-il eu des difficultés au moment de l'installation ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, précisez : _____

Y a-t-il eu des difficultés au moment de la mise en service ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, précisez : _____

6 Procédures d'utilisation du/des dispositifs

Existe-t-il une procédure écrite ou des règles formelles de sécurité pour les activités de transbordement ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, en obtenir une copie ou en décrire les éléments essentiels :

_____

_____

_____

Comment ces procédures ou règles sont-elles transmises ?

Au superviseur: Par écrit ☐ Oralement ☐ Lors d'une formation ☐Autre : _____

Au cariste : Par écrit ☐ Oralement ☐ Lors d'une formation ☐Autre : _____

Au camionneur: Par écrit ☐ Oralement ☐ Lors d'une formation ☐Autre : _____

Quel est le niveau de connaissance de ces procédures et règles ?

Superviseur : Très bon ☐ Moyen ☐ Faible ☐

Cariste : Très bon ☐ Moyen ☐ Faible ☐

Camionneur: Très bon ☐ Moyen ☐ Faible ☐

Qui contrôle le respect des procédures et règles ?

Direction d'usine ☐ CSS ☐ Audit de gestion ☐ Autre : _____

Existe-t-il une procédure en cas de dysfonctionnement du/des dispositifs ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, précisez : _____

Dans la réalité, les procédures et règles sont-elles suivies ?

Toujours ☐ Presque toujours ☐ Rarement ☐ Jamais ☐

Si les procédures ne sont pas toujours suivies, expliquez pourquoi ?

_____

_____

_____

_____

7 Description des activités associées au transbordement

Positionnement de la remorque/camion au quai de transbordement

Qui positionne la remorque/camion au quai de transbordement ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Autre : _____

De qui le chauffeur/shunter reçoit-il ses instructions pour le positionnement de la remorque/camion ?

Responsable réception/expédition ☐ Shunter ☐ Sécurité (guérite) ☐ Caristes ☐
Autre : _____

Comment le chauffeur/shunter reçoit-il ses instructions ?

En se rendant au bureau de la réception/expédition ☐ Par radio/téléphone ☐
Documents écrits ☐ Autre :

De quelles informations dispose le chauffeur/shunter pour identifier le quai?

No du quai ☐ Plan du site ☐ Connaissances des lieux ☐ Indications verbales ☐
Autres : _____

Activités de transbordement

Qui est considéré comme étant responsable de la sécurité des caristes lors des activités de transbordement ?

Le superviseur ☐ Le cariste ☐ Le camionneur ☐ Le "shunter" ☐ Autre : _____

Comment le cariste s'assure-t-il de sa sécurité ?

Avant de pénétrer dans la remorque : Visuellement ☐ Système d'informations ☐ Autre : _____
En cours de chargement : Visuellement ☐ Système d'informations ☐ Autre : _____

D'autres intervenants (superviseur, collègues caristes, camionneurs, etc.) peuvent-ils affecter la sécurité du cariste pendant un transbordement en désengageant le dispositif ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, comment : _____

Les facteurs suivants affectent-ils le niveau de risque associés au transbordement

Aménagement du département : Oui ☐ Non ☐ Expliquez :
Encombrement aux abords des quais: Oui ☐ Non ☐ Expliquez :
Vitesse de circulation : Oui ☐ Non ☐ Expliquez :

Utilisation du/des dispositif de retenu

Dispositif no 1 : _____

Qui est responsable de mettre le dispositif en place ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre : _____

Comment le responsable de la mise en place s'assure-t-il que le dispositif est bien en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le cariste s'assure-t-il que le dispositif est en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Qui est responsable de désengager le dispositif de retenu ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre :

Comment le responsable du désengagement s'assure-t-il que le dispositif est bien désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le chauffeur ou le shunter s'assure-t-il que le dispositif est désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Listez les points forts du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Listez les points faibles du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Quel jugement porte les utilisateurs sur l'efficacité du/des dispositifs de retenu utilisés ?

Très efficace ☐ Assez efficace ☐ Peu efficace ☐ Pas efficace ☐

Expliquez : _____

Comment évalue-t-on la facilité d'utilisation (convivialité) du/des dispositifs utilisés ?

Très facile ☐ Assez facile ☐ Plutôt difficile ☐ Très difficile ☐

Expliquez : _____

Utilisation du/des dispositif de retenu

Dispositif no 2 : _____

Qui est responsable de mettre le dispositif en place ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre : _____

Comment le responsable de la mise en place s'assure-t-il que le dispositif est bien en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le cariste s'assure-t-il que le dispositif est en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Qui est responsable de désengager le dispositif de retenu ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre :

Comment le responsable du désengagement s'assure-t-il que le dispositif est bien désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le chauffeur ou le shunter s'assure-t-il que le dispositif est désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Listez les points forts du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Listez les points faibles du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

Quel jugement porte les utilisateurs sur l'efficacité du/des dispositifs de retenu utilisés ?

Très efficace ☐ Assez efficace ☐ Peu efficace ☐ Pas efficace ☐

Expliquez : _____

Comment évalue-t-on la facilité d'utilisation (convivialité) du/des dispositifs utilisés ?

Très facile ☐ Assez facile ☐ Plutôt difficile ☐ Très difficile ☐

Expliquez : _____

Utilisation du/des dispositif de retenu

Dispositif no 3 : _____

Qui est responsable de mettre le dispositif en place ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre : _____

Comment le responsable de la mise en place s'assure-t-il que le dispositif est bien en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le cariste s'assure-t-il que le dispositif est en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Qui est responsable de désengager le dispositif de retenu ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre :

Comment le responsable du désengagement s'assure-t-il que le dispositif est bien désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le chauffeur ou le shunter s'assure-t-il que le dispositif est désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Listez les points forts du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Listez les points faibles du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Quel jugement porte les utilisateurs sur l'efficacité du/des dispositifs de retenu utilisés ?

Très efficace ☐ Assez efficace ☐ Peu efficace ☐ Pas efficace ☐

Expliquez : _____

Comment évalue-t-on la facilité d'utilisation (convivialité) du/des dispositifs utilisés ?

Très facile ☐ Assez facile ☐ Plutôt difficile ☐ Très difficile ☐

Expliquez : _____

Utilisation du/des dispositif de retenu

Dispositif no 4 : _____

Qui est responsable de mettre le dispositif en place ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre : _____

Comment le responsable de la mise en place s'assure-t-il que le dispositif est bien en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le cariste s'assure-t-il que le dispositif est en place ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Qui est responsable de désengager le dispositif de retenu ?

Chauffeur ☐ Shunter ☐ Cariste ☐ Contremaître ☐ Autre :

Comment le responsable du désengagement s'assure-t-il que le dispositif est bien désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Comment le chauffeur ou le shunter s'assure-t-il que le dispositif est désengagé ?

Examen visuel ☐ Système de signalisation ☐ Communication verbale ☐ Autre :

Listez les points forts du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Listez les points faibles du dispositif identifiés par les personnes rencontrées.

_____

_____

Quel jugement porte les utilisateurs sur l'efficacité du/des dispositifs de retenu utilisés ?

Très efficace ☐ Assez efficace ☐ Peu efficace ☐ Pas efficace ☐

Expliquez : _____

Comment évalue-t-on la facilité d'utilisation (convivialité) du/des dispositifs utilisés ?

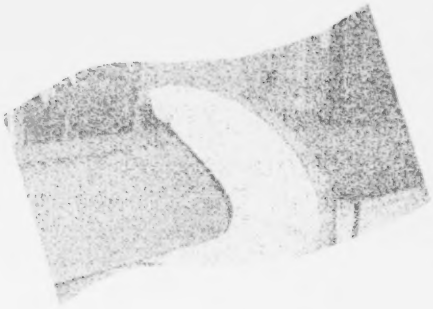
Très facile ☐ Assez facile ☐ Plutôt difficile ☐ Très difficile ☐

Expliquez : _____

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

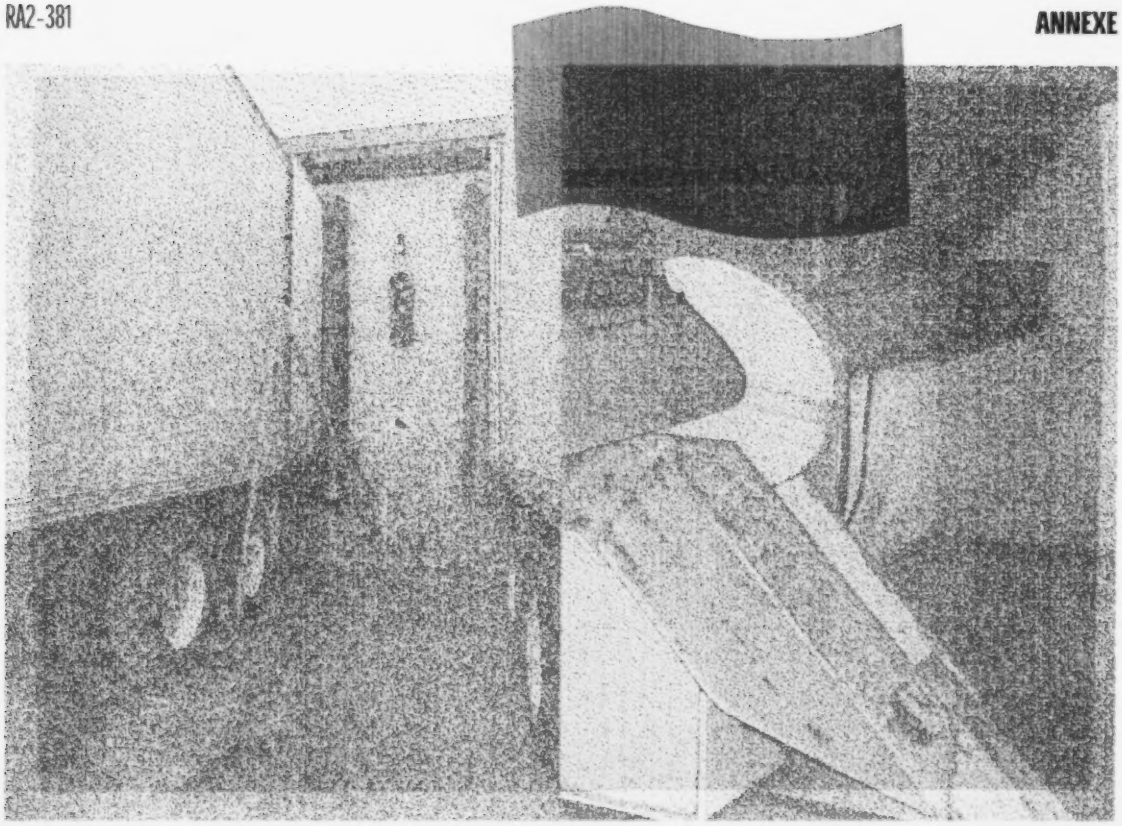
Résultats détaillés de la grille « Rétrospective »



François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA2-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES
travaillent pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Résultats détaillés de la grille « Rétrospective »

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Departement de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE B

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

1. LES RÉPONDANTS

Personne de l'entreprise responsable de compléter ce sondage:

Nom : _____

Fonction et/ou responsabilité : _____

Téléphone : (____) _____-_____ poste_____

Autres personnes ayant été consultées pour compléter ce questionnaire (une même personne peut être associée à plus d'une de ces catégories) :

- ❑ Cariste ou opérateur de chariot
- ❑ Camionneur
- ❑ shunter
- ❑ Personnel de maintenance (préciser) _____
- ❑ Gestionnaire (préciser) : _____
- ❑ Autre (préciser) : _____
- ❑ Contremaître réception et/ou expédition
- ❑ Représentant SST des travailleurs

2. L'ÉTABLISSEMENT

2.1 Description générale :

2.1.1 Nom de l'entreprise : Un total de 41 entreprises ont répondues à ce sondage

2.1.2 Adresse : _____

_____

2.1.3 Nombre moyen annuel d'employés dans cet établissement:

[0] 1 à 10 [1] 11 à 49 [0] 50 à 74 [16] 75 à 249 [13] 250 à 499 [11] 500 et plus

2.1.4 Nombre de caristes affectés aux différentes zones de transbordement :

[0] 1 à 2 [4] 3 à 5 [7] 6 à 10 [6] 11 à 20 [14] 21 et plus

2.1.5 Quelle est la capacité nominale des chariots élévateurs généralement utilisés pour le transbordement des camions et/ou remorques? (cocher la ou les cases correspondantes) :

[3] 1000 à 3000 lbs [7] 3000 à 5000 lbs [7] 5000 à 10000 lbs [7] 10 à 15000 lbs [7] plus de 15000 lbs

2.2 Nombre de quais de transbordement :

2.2.1 Intérieurs (avec hangar pour la remorque ou le camion): [90]

2.2.2 Extérieurs (sans hangar): [406]

2.3 Dans quelle proportion approximative est-ce que le sol de la cour où sont situés les quais de transbordement est :

2.3.1 Incliné vers le quai ?

[5] Plus de 90% [0] Plus de 75% [3] Plus de 50% [3] Plus de 25% [15] Moins de 25%

2.3.2 Incliné vers la cour ?

[2] Plus de 90% [1] Plus de 75% [0] Plus de 50% [1] Plus de 25% [17] Moins de 25%

2.3.3 Plat ?

[22] Plus de 90% [5] Plus de 75% [2] Plus de 50% [2] Plus de 25% [4] Moins de 25%

2.4 Trafic aux quais :

2.4.1 Le déplacement des camions et/ou remorques à vos quais de transbordement est-il généralement fait par un gareur (*shunter*) »?

[22] Oui
[20] Non

2.4.2 Quel est le nombre moyen de camions et/ou de remorques qui se présentent à l'ensemble des quais de transbordement de cet établissement à chaque jour (période de 24 heures) ?

[1] Moins de 5 [6] 5 à 10 [14] 11 à 25 [16] 26 à 50 [4] plus de 51

2.4.3 Dans un quart de travail, cet achalandage est généralement :

[26] Assez uniformément réparti sur tout le quart [11] Par bourrées [1] Surtout concentré dans une période relativement courte

2.5 Quelle proportion approximative des <u>camions et/ou des remorques</u> qui se présentent à vos quais de transbordement :

2.5.1 ont une configuration permettant l'utilisation d'un dispositif de retenue de la barre ICC ?

[2] - de 25% [0] 25 à 50% [6] 50 à 75% [8] 75 à 90% [20] + de 90% [4] Ne sais pas

2.5.2 ont une barre anti-encastrement (barre ICC) en mauvais état (brisée, tordue ou déformée, corrosion importante, etc..)

[31] - de 25% [1] 25 à 50% [0] 50 à 75% [0] 75 à 90% [0] + de 90% [6] Ne sais pas

2.6 Quelle proportion approximative des <u>remorques</u> qui se présentent à vos quais de transbordement :

2.6.1 sont transbordées alors que le tracteur y est toujours attaché?

[19] - de 25% [3] 25 à 50% [6] 50 à 75% [2] 75 à 90% [11] + de 90% [0] Ne sais pas

2.7 Utilisez-vous le cadenassage des boyaux d'air du système de freinage des remorques comme mesure de sécurité?

[2] Oui
[ ] Non

2.7.1 Si oui, dans quelle proportion des cas est-ce que cette mesure est réellement appliquée ?

[1] Plus de 95% [0] Plus de 90% [0] Plus de 75% [1] Plus de 50% [0] Moins de 50%

2.8 Utilisez-vous le contrôle des clefs (conserver en sa possession les clefs du camion jusqu'à la fin des activités de transbordement) comme mesure de sécurité ?

[2] Oui
[ ] Non

2.8.1 Si oui, dans quelle proportion des cas est-ce que cette mesure est réellement appliquée ?

[2] Plus de 95% [0] Plus de 90% [0] Plus de 75% [0] Plus de 50% [0] Moins de 50%

3. LES DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ AUX QUAIS DE TRANSBORDEMENT UTILISÉS DANS CET ÉTABLISSEMENT

			Ces dispositifs sont-ils associés à un système de signalisation (système de lumières)?				Proportion des cas où ce dispositif est réellement utilisé				
Dispositifs de sécurité utilisés aux quais de transbordement dans cet établissement (voir descriptions à la fin du questionnaire)	Nombre de quais équipés	Âge moyen	Tous	La majorité	Quelques-uns	Aucun	- de 50%	50 - 75%	75 - 90%	90 - 95%	+ de 95%
❑ Cales de roues à positionnement manuel Marque : _____ Modèle : _____	104 25 usines	7.5 ans	1	1	0	15	3	1	2	0	7
❑ Cales de roues positionnement manuel reliées à un bras articulé Marque : _____ Modèle : _____	22 4 usines	3 ans	3	0	0	0	0	0	0	0	3
❑ Dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) Marque : _____ Modèle : _____	298 36 usines	4.6 ans	24	2	0	2	1	1	3	2	22
❑ Autres dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) Marque : _____ Modèle : _____		___ans	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
❑ Dispositif de retenue à cale de roue à positionnement mécanique Marque : _____ Modèle : _____	Aucun	___ans	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
❑ Système de signalisation seul (système de lumière) Marque : _____ Modèle : _____	_____	___ans	S/O	S/O	S/O	S/O	❑	❑	❑	❑	❑
❑ Autre dispositif (préciser): _____ _____ Marque : _____ Modèle : _____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

2.4 Trafic aux quais :

2.4.1 Le déplacement des camions et/ou remorques à vos quais de transbordement est-il généralement fait par un gareur (*shunter)* »?

[22] Oui
[20] Non

2.4.2 Quel est le nombre moyen de camions et/ou de remorques qui se présentent à l'ensemble des quais de transbordement de cet établissement à chaque jour (période de 24 heures) ?

[1] Moins de 5 [6] 5 à 10 [14] 11 à 25 [16] 26 à 50 [4] plus de 51

2.4.3 Dans un quart de travail, cet achalandage est généralement :

[26] Assez uniformément réparti sur tout le quart [11] Par bourrées [1] Surtout concentré dans une période relativement courte

2.5 Quelle proportion approximative des camions et/ou des remorques qui se présentent à vos quais de transbordement :

2.5.1 ont une configuration permettant l'utilisation d'un dispositif de retenue de la barre ICC ?

[2] - de 25% [0] 25 à 50% [6] 50 à 75% [8] 75 à 90% [20] + de 90% [4] Ne sais pas

2.5.2 ont une barre anti-encastrement (barre ICC) en mauvais état (brisée, tordue ou déformée, corrosion importante, etc..)

[31] - de 25% [1] 25 à 50% [0] 50 à 75% [0] 75 à 90% [0] + de 90% [6] Ne sais pas

2.6 Quelle proportion approximative des remorques qui se présentent à vos quais de transbordement :

2.6.1 sont transbordées alors que le tracteur y est toujours attaché?

[19] - de 25% [3] 25 à 50% [6] 50 à 75% [2] 75 à 90% [11] + de 90% [0] Ne sais pas

2.7 Utilisez-vous le cadenassage des boyaux d'air du système de freinage des remorques comme mesure de sécurité?

[2] Oui
[ ] Non

2.7.1 Si oui, dans quelle proportion des cas est-ce que cette mesure est réellement appliquée ?

[1] Plus de 95% [0] Plus de 90% [0] Plus de 75% [1] Plus de 50% [0] Moins de 50%

2.8 Utilisez-vous le contrôle des clefs (conserver en sa possession les clefs du camion jusqu'à la fin des activités de transbordement) comme mesure de sécurité ?

[2] Oui
[ ] Non

2.8.1 Si oui, dans quelle proportion des cas est-ce que cette mesure est réellement appliquée ?

[2] Plus de 95% [0] Plus de 90% [0] Plus de 75% [0] Plus de 50% [0] Moins de 50%

3. LES DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ AUX QUAIS DE TRANSBORDEMENT UTILISÉS DANS CET ÉTABLISSEMENT

			Ces dispositifs sont-ils associés à un système de signalisation (système de lumières)?				Proportion des cas où ce dispositif est réellement utilisé				
Dispositifs de sécurité utilisés aux quais de transbordement dans cet établissement (voir descriptions à la fin du questionnaire)	Nombre de quais équipés	Âge moyen	Tous	La majorité	Quelques-uns	Aucun	- de 50%	50 - 75%	75 - 90%	90 - 95%	+ de 95%
❑ Cales de roues à positionnement manuel Marque : _____ Modèle : _____	104 25 usines	7.5 ans	1	1	0	15	3	1	2	0	7
❑ Cales de roues positionnement manuel reliées à un bras articulé Marque : _____ Modèle : _____	22 4 usines	3 ans	3	0	0	0	0	0	0	0	3
❑ Dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) Marque : _____ Modèle : _____	298 36 usines	4.6 ans	24	2	0	2	1	1	3	2	22
❑ Autres dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) Marque : _____ Modèle : _____		___ans	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
❑ Dispositif de retenue à cale de roue à positionnement mécanique Marque : _____ Modèle : _____	Aucun__	___ans	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
❑ Système de signalisation seul (système de lumière) Marque : _____ Modèle : _____	_____	___ans	S/O	S/O	S/O	S/O	❑	❑	❑	❑	❑
❑ Autre dispositif (préciser): _____ _____ Marque : _____ Modèle : _____	_____	___ans	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

4. LES SITUATIONS RENCONTRÉES[1]

Selon l'expérience des personnes affectées aux quais de transbordement, à quelle fréquence approximative les situations suivantes ont-elles été rencontrées dans cet établissement? (cocher les cases correspondantes).

Cette situation est rencontrée en moyenne : *Note : Un même événement peut se répercuter dans plusieurs de ces situations*		à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	à tous les **2 ou 3 ans**	à tous les **5 ans ou plus**	Jamais	Ne s'applique pas
4.1	**Le système de signalisation intérieur :**								❑
4.1.1	n'indiquait pas au cariste que le dispositif était en position (ampoule brûlée, etc..).	0	2	5	6	4	1	13	1
4.1.2	n'indiquait pas au cariste que le dispositif n'était pas en position (ampoule brûlée, etc..).	0	2	5	4	4	1	14	1
4.1.3	indiquait que le dispositif était en position alors qu'il ne l'était pas.	0	1	5	1	0	0	24	0
4.1.4	indiquait que le dispositif n'était pas en position alors qu'il l'était.	0	1	5	1	0	0	24	0
4.1.5	indiquait que le dispositif était en position. Toutefois, le pont de liaison n'était pas encore en place.	4	0	2	4	0	1	13	6
4.1.6	Des objets ont été placés sur le quai de façon telle qu'ils empêchaient le cariste de voir les indicateurs du système de signalisation intérieur.	0	1	0	4	0	1	13	6
4.2	**Le système de signalisation extérieur :**								❑
4.2.1	n'indiquait pas au camionneur que le dispositif n'était pas en position (ampoule brûlée, etc..).	0	1	5	8	4	1	11	0
4.2.2	n'indiquait pas au camionneur que le dispositif était en position (ampoule brûlée, etc..).	0	1	5	8	5	1	10	0
4.2.3	indiquait que le dispositif n'était pas en position alors qu'il l'était.	0	0	4	4	0	0	23	0
4.2.4	indiquait que le dispositif était en position alors qu'il ne l'était pas.	0	0	5	4	0	0	23	0
4.3	**Le système d'alarmes auditives :**								❑
4.3.1	n'est pas entendu.	0	0	0	0	0	0	8	
4.3.2	n'indiquait pas que la remorque s'éloignait du quai.	0	0	0	0	0	0	4	4
4.3.3	indiquait que la remorque s'éloignait du quai alors qu'elle restait en place.	0	0	0	0	0	0	4	4

[1] Certaines sections peuvent ne pas s'appliquer à cet établissement. Pour les sections 5.1 à 5.5, remplir uniquement les sections qui correspondent aux dispositifs existants dans cet établissement.

Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	à tous les **2 ou 3 ans**	À tous les **5 ans ou plus**	Jamais	Ne s'applique pas
4.4 Les cales de roues à positionnement manuel								❑
La cale n'a pas été mise en place :								
4.4.1 parce que les conditions environnementales (pluie, neige, grand froid, etc..) rendait cela difficile ou impossible.	1	3	2	4	0	1	5	
4.4.2 en raison de la courte durée de l'intervention de transbordement.	2	4	2	1	0	1	6	
4.4.3 en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du cariste.	2	4	2	1	0	1	3	
4.4.4 en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du camionneur.	2	4	4	2	0	0	4	
4.4.5 en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du *shunter*.	2	0	0	1	0	0	6	9
4.4.6 parce qu'il n'y avait pas assez d'espace pour circuler entre les deux camions ou remorques.	1	0	0	0	0	0	8	8
4.4.7 parce qu'il n'y avait pas de cale disponible sur place	0	1	2	2	0	1	9	
4.4.8 parce que la cale disponible était brisée	0	1	1	4	1	1	11	
La cale a été positionnée ailleurs que sur une des roues arrière du camion ou de la remorque :								
4.4.9 parce qu'il n'y avait pas assez d'espace pour circuler entre les deux camions ou remorques.	0	0	1	0	0	0	12	5
4.4.10 pour une autre raison.	0	0	0	0	0	0	11	
La cale a été retirée par erreur avant la fin des activités de transbordement :								
4.4.11 par le camionneur.	0	0	0	2	1	0	10	2
4.4.12 par le *shunter*.	0	0	0	1	0	0	9	5
4.4.13 par une autre personne.	0	0	0	1	0	0	10	

4.5 Les cales de roues à positionnement manuel reliées à un bras articulé								❑
La cale reliée à un bras articulé n'a pas été mise en place :								
4.5.1 parce que les conditions environnementales (pluie, neige, grand froid, etc..) rendait cela difficile ou impossible.	0	1	0	0	0	0	2	
4.5.2 en raison de la courte durée de l'intervention de transbordement.	0	0	0	0	0	0	3	
4.5.3 en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du cariste.	0	0	0	0	0	0	2	1
4.5.4 en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du camionneur.	0	0	1	0	0	0	2	
4.5.5 en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du *shunter* :	0	0	0	0	0	0	2	1
La cale reliée à un bras articulé a été retirée par erreur avant la fin des activités de transbordement :								
4.5.6 par le camionneur.	0	0	0	0	1	0	2	
4.5.7 par le *shunter*.	0	0	0	0	0	0	2	1
4.5.8 par une autre personne.	0	0	0	0	0	0	3	

	Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	à tous les **2 ou 3 ans**	À tous les **5 ans ou plus**	Jamais	Ne s'applique pas
4.6	**Les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) à positionnement manuel ou mécanique (automatique)**								❑
Le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement n'a pas été activé :									
4.6.1	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du cariste.	1	4	4	5	3	1	13	1
4.6.2	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du camionneur.	0	3	2	1	1	0	13	12
4.6.3	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du *shunter*.	0	0	1	0	0	0	12	19
4.6.4	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part d'une autre personne.	0	3	0	3	0	0	13	13
4.6.5	en raison d'un problème technique associé au dispositif ou à son système de commande (bris ou mauvais fonctionnement).	0	2	6	6	5	2	10	1
4.6.6	en raison d'une incompatibilité entre celui-ci et le camion ou la remorque.	2	4	7	5	1	3	8	2
Le dispositif de retenu de la barre anti-encastrement a été désactivé par erreur avant la fin des activités de transbordement :									
4.6.7	par le camionneur.	0	0	2	1	1	0	17	8
4.6.8	par le *shunter*.	0	1	0	0	0	1	13	14
4.6.9	par une autre personne.	0	1	0	1	1	0	20	6

4.7	**Les dispositifs de retenue à cale de roue à positionnement mécanique (automatique)**								❑
Le dispositif de retenue à cale de roue à positionnement mécanique n'a pas été activé :									
4.7.1	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du cariste.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.2	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du camionneur.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.3	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part du *shunter*.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.4	en raison d'un oubli ou d'une négligence de la part d'une autre personne.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.5	en raison d'un problème technique associé au dispositif ou à son système de commande (bris ou mauvais fonctionnement).	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.6	en raison d'une incompatibilité entre celui-ci et le camion ou la remorque.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Le dispositif de retenue à cale de roue à positionnement mécanique a été désactivé par erreur avant la fin des activités de transbordement :									
4.7.7	par le camionneur.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.8	par le *shunter*.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
4.7.9	par une autre personne.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	à tous les **2 ou 3 ans**	à tous les **5 ans ou plus**	Jamais	Ne s'applique pas
4.8 Le camionneur ❑								
Le camionneur a tenté de quitter ou a quitté le quai avec le camion ou la remorque avant la fin des opérations de transbordement :								
4.8.1 parce qu'il n'avait pas remarqué que le système de signalisation indiquait que le dispositif était en position.	0	0	5	2	3	5	14	4
4.8.2 parce qu'il n'avait pas tenu compte du système de signalisation qui indiquait que le dispositif était en position.	0	0	5	3	2	2	16	3
4.8.3 parce qu'une personne lui avait donné le OK par erreur.	0	0	4	3	1	2	20	3
4.8.4 parce qu'il n'a pas attendu le OK du cariste ou d'une autre personne responsable.	0	0	2	6	0	1	20	4
4.8.5 parce qu'il croyait avoir reçu le OK du cariste ou d'une autre personne responsable (erreur de communication).	0	0	2	1	2	1	21	5
4.8.6 parce que le cadenassage des boyaux d'air du système de freinage des remorques devait être appliqué mais ne l'a pas été.					1		1	
4.8.7 malgré le fait que les boyaux d'air du système de freinage avait été cadenassés.							2	
4.8.8 parce que le contrôle des clefs devait être appliqué mais ne l'a pas été.					1		1	
4.8.9 malgré le fait que le contrôle des clefs a été appliqué.				1	1			
4.9 Le *shunter* ❑								
Le *shunter* a tenté de quitter ou a quitté le quai avec le camion ou la remorque avant la fin des opérations de transbordement :								
4.9.1 parce qu'il n'avait pas remarqué que le système de signalisation indiquait que le dispositif était en position.	0	1	1	1	2	3	10	0
4.9.2 parce qu'il n'avait pas tenu compte du système de signalisation qui indiquait que le dispositif était en position.	0	0	1	1	1	1	12	1
4.9.3 parce qu'une personne lui avait donné le OK par erreur.	0	1	1	1	1	1	11	2
4.9.4 parce qu'il n'a pas attendu le OK du cariste ou d'une autre personne responsable.	0	1	0	2	0	0	11	4
4.9.5 parce qu'il croyait avoir reçu le OK du cariste ou d'une autre personne responsable (erreur de communication).	0	1	0	2	1	0	10	4
4.9.6 parce que le cadenassage des boyaux d'air du système de freinage des remorques devait être appliqué mais ne l'a pas été.								
4.9.7 malgré le fait que les boyaux d'air du système avait été cadenassés.								
4.9.8 parce que le contrôle des clefs devait être appliqué mais ne l'a pas été.								
4.9.9 malgré le fait que le contrôle des clefs a été appliqué.								

	Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	à tous les **2 ou 3 ans**	à tous les **5 ans ou plus**	Jamais	Ne s'applique pas
4.10	**Le cariste**								
4.10.1	Le cariste n'a pas remarqué que le pont de liaison n'était pas en place et s'est introduit dans le camion ou la remorque.	1	3	5	5	3	7	17	1
Le cariste s'est introduit dans le camion ou la remorque sans que le dispositif de sécurité ne soit présent car :									
4.10.2	il n'a pas remarqué que le système de signalisation indiquait que le dispositif n'était pas en position.	0	0	5	3	1	1	22	3
4.10.3	il croyait que le dispositif était en place.	0	1	5	4	1	3	21	1
4.10.4	le travail pressait et il n'a pas eu le temps d'utiliser le dispositif.	1	0	3	2	2	1	26	1
4.10.5	le dispositif n'était pas compatible avec le camion ou la remorque.	2	2	5	4	3	1	15	4
4.10.6	le dispositif ou son système de commande ne fonctionnait pas.	0	0	7	1	6	1	16	4
4.11	**Autres événements spécifiques**								
4.11.1	Un camion ou une remorque a quitté le quai avec le chariot élévateur à l'intérieur.	0	0	0	0	3	7	29	0
4.11.2	Un chariot élévateur est tombé entre le quai et le camion (ex. : roues avant seulement) après qu'un camion ou une remorque s'en soit éloigné ou ait glissé pendant le transbordement.	0	0	0	2	4	8	24	1
4.11.3	Un chariot élévateur est tombé complètement du quai après qu'un camion ou une remorque s'en soit éloigné ou ait glissé pendant le transbordement.	0	0	0	0	0	3	34	0
4.11.4	Suite à une erreur de manœuvre, un chariot élévateur est tombé d'un quai où il n'y avait pas de camion ou de remorque.	0	0	0	0	0	2	36	1
4.11.5	Le camion ou la remorque s'est éloignée du quai en raison d'un glissement de la cale.	1	2	2	1	3	5	17	6
4.11.6	Les béquilles de la remorque se sont affaissées et celle-ci a basculé vers l'avant.	0	0	0	1	2	9	25	2
4.11.7	La remorque a basculé vers l'avant en raison du poids du chariot et/ou de la charge.	0	0	0	0	1	4	32	1
4.11.8	La remorque a presque basculé vers l'avant en raison du poids du chariot et/ou de la charge mais a été retenue par le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC).	0	0	0	3	0	1	30	5

Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	à tous les **2 ou 3 ans**	à tous les **5 ans ou plus**	Jamais	Ne s'applique pas
Le camionneur ou le *shunter* a tenté de quitter le quai avec un camion ou une remorque et...								
4.11.9 le dispositif de retenue utilisé l'en a empêché.	0	2	5	5	7	4	11	2
4.11.10 la barre anti-encastrement (barre ICC) du camion ou de la remorque a été déformée et/ou arrachée de façon telle que le camion ou la remorque a pu quitter le quai.	0	0	1	5	3	4	16	7
4.11.11 le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) était activé mais a été abîmé ou s'est décroché et n'a pas permis de retenir le camion ou la remorque.	0	0	1	1	0	3	25	6
4.11.12 le dispositif de cale de roue à positionnement mécanique était activé mais n'a pas permis de retenir le camion ou la remorque.								
4.11.13 la cale de roue à positionnement manuel était en position mais n'a pas permis de retenir le camion ou la remorque.	0	1	1	1	2	2	11	18

4.11.14 Les événements décrits à la section 5 étaient-ils consignés par écrits (plainte formelle, rapport d'incident, etc..)

❑ La plupart du temps ❑ Quelquefois ❑ Rarement ❑ Jamais

4.11.15 D'autres événements qui n'ont pas été mentionnés dans les questions précédentes se sont-il produits dans cet établissement? Si oui expliquer et indiquer la fréquence à laquelle ces événements ont été observés.

_____ _____ _____ _____ _____	❑	❑	❑	❑	❑	❑
_____ _____ _____ _____ _____	❑	❑	❑	❑	❑	❑

5. LES PRINCIPAUX MODES DE DÉFAILLANCE DES DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ AUX QUAIS DE TRANSBORDEMENT[2]

Selon l'expérience des personnes affectées aux quais de chargement, à quelle fréquence approximative les situations suivantes ont-elles été rencontrées dans cet établissement? (cocher les cases correspondantes).

Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	Souvent en **hiver**	Parfois en **hiver**	Jamais	Ne s'applique pas
5.1 Les cales de roues à positionnement manuel								❑
5.1.1 La cale était inopérante en raison de l'état du sol (glace, neige).	0	2	2	3	3	3	4	
5.1.2 La cale était coincée et/ou difficile à enlever après l'opération de transbordement.	0	2	3	2	0	3	4	
5.1.3 La cale n'avait pas été positionnée correctement (trop en avant des roues, à angle, mal alignée, etc..).	0	1	3	2	1	0	7	
5.2 Les cales de roues à positionnement manuel reliées à un bras articulé								❑
5.2.1 Le dispositif a été rendu inopérant par l'eau, la glace, la neige ou de la basse température.	0	0	0	0	1	0	2	
5.2.2 La cale était coincée et/ou difficile à enlever après l'opération de transbordement.	0	0	0	0	0	0	1	
5.2.3 La cale n'avait pas été positionnée correctement.	0	0	0	0	0	0	1	
Le dispositif a été abîmé par :								
5.2.4 un camion ou une remorque qui a tenté de quitter le quai.	0	0	1	0	0	0	2	
5.2.5 un camion ou une remorque qui reculait vers le quai.	0	0	0	0	0	0	2	1
5.2.6 l'équipement de déneigement.	0	0	0	0	1	0	2	
Le dispositif fonctionnait mal :								
5.2.7 car un de ses éléments était désajusté (élément mécanique, capteur « sensor », etc..).	0	0	1	1	0	0	1	
5.2.8 car un de ses éléments était défaillant.	0	0	1	1	0	0	1	

[2] Certaines sections peuvent ne pas s'appliquer à cet établissement. Pour les sections 6.1 à 6.5, remplir uniquement les sections qui correspondent aux dispositifs existants dans cet établissement.

Cette situation est rencontrée en moyenne :	à tous les **jours**	à toutes les **semaines**	à tous les **mois**	à tous les **ans**	Souvent en **hiver**	Parfois en **hiver**	Jamais	Ne s'applique pas
5.3 Les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement (barre ICC) à positionnement manuel ou mécanique (automatique)								❑
5.3.1 Le dispositif n'a pu s'accrocher en raison de l'accumulation de neige ou de glace sous les roues du camion ou de la remorque.	0	1	2	2	2	3	18	1
5.3.2 Le dispositif a été rendu inopérant par l'eau, la glace, la neige ou de la basse température.	0	3	1	1	2	3	17	1
Le dispositif a été abîmé par :								
5.3.3 un camion ou une remorque qui a tenté de quitter le quai.	0	0	0	6	0	0	21	1
5.3.4 un camion ou une remorque qui reculait vers le quai.	0	0	0.5	3.5	1	0	20	1
5.3.5 l'équipement de déneigement.	0	1	1	4	1	6	15	1
Le dispositif est fonctionnait mal :								
5.3.6 car un de ses éléments était désajusté (élément mécanique, capteur « sensor », etc..).	0	0	6	10	0	0	10	0
5.3.7 car un de ses éléments était défaillant.	0	0	4.5	14.5	0	0	10	0
5.4 Les dispositifs de retenue à cale de roue à positionnement mécanique (automatique)								❑
5.4.1 Le dispositif a été rendu inopérant par l'eau, la glace, la neige ou de la basse température.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Le dispositif a été abîmé par :								
5.4.2 un camion ou une remorque a tenté de quitter le quai.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
5.4.3 un camion ou une remorque qui reculait vers le quai.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
5.4.4 l'équipement de déneigement.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Le dispositif est fonctionnait mal :	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
5.4.5 car un de ses éléments était désajusté (élément mécanique, capteur « sensor », etc..).	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
5.4.6 car un de ses éléments était défaillant.	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
5.5 Les systèmes de signalisation								❑
5.5.1 Un des indicateurs (lumière) du système de signalisation intérieur ne fonctionnait plus.	0	2	6	8	0	0	12	1
5.5.2 Un des indicateurs (lumière) du système de signalisation extérieur ne fonctionnait plus.	0	2	5	6	0	0	10	
5.5.3 L'alarme auditive ne fonctionnait plus.	0	0	0	0	0	0	5	

ÉTUDES ET RECHERCHES

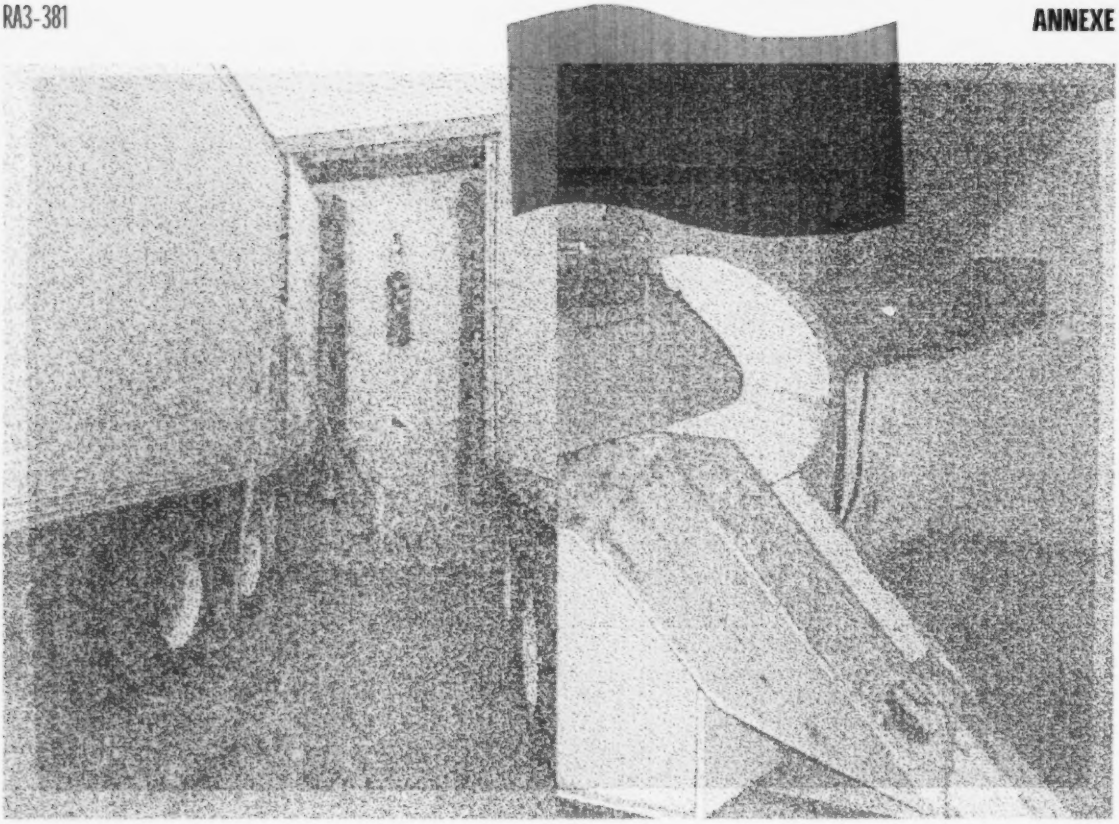
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Résultats des analyses AMDE

François Gauthier
Laurent Giraud
Real Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Masse

RA3-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES
travaillent pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Télephone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Résultats des analyses AMDE

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE C

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Dans cette annexe sont regroupés toutes les analyses de modes de défaillances et de leurs effets (AMDE) réalisées par l'équipe de recherche. Au moment de faire ces AMDE, l'équipe utilisait un vocabulaire un peu différent de celui utilisé dans les autres rapports. De plus, le terme semi-remorques incluait les semi-remorques, les camions et les camions-fourgon surélevés.

AMDE sur les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement

		Effets		
Composant	**Mode de défaillance**	**Local (sur les autres composants)**	**Final (sur le système)**	**Causes possibles (immédiates)**
Dispositif de retenue mécanique	Ne se déploie pas	Ne retient pas la barre anti-encastrement N'active pas la détection de bon positionnement	Ne retient pas le camion	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, débris, déformation) b) Défaillance du mécanisme d'activation (puissance) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément d) Défaillance de commande
	Ne se déploie pas correctement	Retient partiellement ou pas du tout la barre anti-encastrement N'active pas la détection de bon positionnement	Ne retient pas le camion	a) Blocage mécanique en cours de fonctionnement (lubrification, glace, débris, déformation) b) Défaillance du mécanisme d'activation en cours...(puissance) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément en cours... d) Défaillance de commande
	Se déploie correctement mais pas par rapport à la barre	Retient partiellement ou pas du tout la barre anti-encastrement	Ne retient pas le camion Bris d'un élément du camion	a) Barre anti-encastrement trop haute (pas positionnée ou positionnée partiellement) b) Accumulation de glace/neige sous les roues c) Absence de barre anti-encastrement (ex.: plate-forme élévatrice) d) Détection d'autre chose que la barre (ex.: crochet train routier) e) Barre anti-encastrement déformée f) Inclinaison latérale importante de la cour

	Se déploie correctement mais est loin horizontalement de la barre	Jeu entre barre et dispositif	Possibilité d'un mouvement suffisant pour décrocher ou arracher le dispositif advenant le départ inopiné du camion Possibilité d'un mouvement suffisant pour entraîner une défaillance des béquilles Possibilité de chute de la lèvre Ne retient pas le camion qui bascule	a) Mauvaise conception du dispositif b) Mauvais positionnement du dispositif (installation) c) Mauvais positionnement de la détection de la barre (installation ou maintenance) d) Défaillance du mécanisme de retenu e) Défaillance de la détection de tension f) Modification de la configuration des quais après l'installation du dispositif g) Barre anti-encastrement déformee
	Se déploie correctement mais ne retient pas la barre verticalement	Ne retient pas la barre verticalement	Ne retient pas le camion qui bascule	a) Mauvaise conception du dispositif b) Mauvais positionnement du dispositif (installation) c) Défaillance du crochet (usure, bris, etc..) d) Géométrie de la barre anti-encastrement e) Barre anti-encastrement déformée
	Se rétracte de façon intempestive	Ne retient pas la barre anti-encastrement Peut ne pas désactiver la détection de bon positionnement	Ne retient pas le camion Peut ne pas indiquer l'état de repos	a) Défaillance du mécanisme d'activation (puissance ex. fuite d'huile) b) Défaillance de commande (ex.: fluctuations électriques) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément
	Se rétracte sous l'effet de la traction (démarrage ou mouvement. du chargement)	Retient partiellement ou pas du tout la barre anti-encastrement Peut ne pas désactiver la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion Peut ne pas indiquer l'état dépositionné Peut ne plus se positionner	a) Barre déformée b) Mauvaise conception du dispositif c) Mauvais positionnement (voir autres modes de défaillance) d) Mouvements importants occasionnés par le chariot e) Départ inopiné du camion f) Ne suit pas parfaitement les mouvements verticaux de la semi-remorque g) Flambage des béquilles
	Est endommagé suite à une collision (autre que par camion ex. déneigement)	Tous les autres modes de défaillance	Tous les autres effets	a) Sensible au déneigement mécanique (conception, position p/r au quai) b) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément

	Est endommagé par le camion qui recule	Tous les autres modes de défaillance	Tous les autres effets	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance première: bris mécanique d'un élément c) Mauvaise conception du dispositif d) Dispositif engagé avant le recul du camion e) Défaillance de commande
	Est endommagé par les mouvements verticaux de la barre	Tous les autres modes de défaillance	Tous les autres effets	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance première: bris mécanique d'un élément c) Mauvaise conception du dispositif d) Mauvais positionnement du camion e) Mauvais positionnement du dispositif (installation) f) Modification de la configuration des quais après l'installation du dispositif g) Barre anti-encastrement déformée
	Est déformé et/ou brisé sous l'effet de la traction	Retient partiellement ou pas du tout la barre anti-encastrement Peut ne pas désactiver la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion Peut ne pas indiquer l'état dépositionné Peut ne plus se dépositionner	a) Départ inopiné du camion b) Défaillance de commande
	Se détache de sa fixation sous l'effet de la traction	Retient partiellement ou pas du tout la barre anti-encastrement Ne désactive pas la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion N'indique pas l'état dépositionné	a) Départ inopiné du camion b) Fixation inadéquate (installation ou dégradation) c) N'est pas dépositionné avant le départ du camion d) Défaillance de commande
	Ne se rétracte pas	Retient la barre anti-encastrement	Retient le camion (idéalement) Arrache ou déforme la barre Se détache de sa fixation Intervention manuelle requise	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance du mécanisme d'activation (puissance) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément d) Défaillance de commande e) Mauvaise conception du dispositif f) Mouvements du camion g) Barre anti-encastrement trop basse h) Dégagement insuffisant (ex.: déformation de la chaussée, pente dans la chaussée)

	Ne suit pas parfaitement les mouvements de la semi-remorque	Retient partiellement ou pas du tout la barre anti-encastrement Ne désactive pas la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion N'indique pas l'état dépositionné	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance première: bris mécanique d'un élément c) Mauvaise conception (débattement) d) Mouvements verticaux du camion trop amples e) Barre anti-encastrement trop haute f) Accumulation de neige, glace, etc., sous les roues g) Mauvais positionnement du dispositif (installation) h) Modification de la configuration de la cour (ex: nouveau pavage) i) Barre anti-encastrement déformée j) Défaillance détection barre
Mécanisme d'activation	Ne déploie pas	Barre anti-encastrement non retenue	Semi-remorque non retenue	a) Coincé (glace, débris) b) Enfouis sous glace (dispositif dans le sol) c) Défaillance de commande
	Déploie intempestivement	Dispositif en position	Peut être placé avant la semi-remorque (et endommage le dispositif)	a) Erreur humaine b) Défaillance de commande
	Ne rétracte pas le dispositif	Semi-remorque peut tirer dessus	Possibilité d'endommager le dispositif Possibilité d'endommager la barre anti-encastrement Semi-remorque retenue au quai	a) Défaillance commande b) Erreur humaine c) Coincé (glace, débris..., coincé sous la roue) d) Défaillance première
	Rétracte de façon intempestive	Barre anti-encastrement non retenue	Semi-remorque non retenue	a) Défaillance de commande b) Erreur humaine c) Défaillance première (ressort qui lâche, fuite d'huile...)
Barre anti-encastrement	Se déforme sous l'effet de la traction	Dispositif retient partiellement	Camion partiellement retenu Barre anti-encastrement fragilisée	a) Barre trop faible (conception, usure) b) Déformation initiale c) Force suffisante pour créer déformation
	Est déformée (avant d'arriver au quai)	Dispositif retient partiellement Dispositif mal positionné Détection peut ne pas le remarquer	Camion pas ou partiellement retenu	a) Voir causes de déformation
	Est arrachée	Barre peut rester sur le dispositif Peut ne pas détecter que la semi-remorque n'est plus là (mais détecte toujours la barre anti-encastrement)	Camion non retenu	a) Barre trop faible (conception, usure) b) Déformation initiale c) Force suffisante pour arracher

	Est absente	Dispositif ne se positionne pas	Camion non retenu	a) A été arrachée avant b) Type de camion qui n'a pas de barre
	Se dépositionne sous l'effet de la traction	Dispositif retient pas ou partiellement la barre	Camion pas ou partiellement retenu	a) Dispositif ne suis pas parfaitement les mouvements de la barre b) Géométrie de la barre anti-encastrement
	Empêche le positionnement du dispositif	Dispositif ne se positionne pas	Camion non retenu	a) Barre trop haute b) Barre trop basse c) Géométrie de la barre anti-encastrement d) Barre anti-encastrement déformée

AMDE sur les cales

		Effets		
Composant	**Mode de défaillance**	**Local (sur les autres composants)**	**Final (sur le système)**	**Causes possibles (immédiates)**
Cale	Positionnée de travers	-La force n'est pas appliquée dans le bon angle, la cale peut glisser de coté -Peut avoir moins haut à monter si la roue n'a pas besoin de passer complètement par dessus la cale	Retenue partielle de la semi-remorque	a) Placée de travers pour faciliter le retrait b) Opérateur ne connait pas la bonne façon de positionner la cale
	Positionnée à mi-roue	La force n'est pas appliquée uniformément, la cale peut glisser de coté	Retenue partielle de la semi-remorque	a) Placée ainsi pour faciliter le retrait b) Opérateur ne connait pas la bonne façon de positionner la cale
	Cale glisse sous l'effet de la force (mvt d'avance induit par le chariot ou départ inopiné)	Ne retient pas la roue	Semi-remorque non retenue	a) Sol glacé ou enneigé b) Présence de sable sur le pavage c) Roues de la semi-remorque glissent (freins appliqués) d) Mauvaise adhérence de la cale (conception ou usure) sur le sol

	Cale s'enfonce dans le sol	Ne retient pas la roue	Semi-remorque non retenue	a) Cour en sable ou gravier ou en terre battue
	Coincée (difficile à enlever)	Cale est difficile à retirer	Peut conduire à ne plus placer la cale ou à la placer incorrectement Opérateur doit reculer le camion ou forcer plus fort	a) Écrasement des pneus dû au chargement de la semi-remorque (elle devient plus lourde et les pneus s'affaissent un peu b) Pneus dégonflés c) Mouvement important d'avance engendré par le chariot d) Cale coincé dans la glace e) Mauvaise conception de la cale
	Non positionnée	Roue non calée	Semi-remorque non retenue	a) Perdue, volée, vandalisée, utilisée sur un autre quai (pas attachée à une corde) b) A glissée avec un camion précédent c) Trop loin, opérateur a décidé de ne pas se déplacer d) Oubli du cariste shunter ou camionneur
Coté qui doit être sur le sol	Positionnement à l'envers (surface d'appui au sol contre la roue ou à la verticale)	Peut glisser plus facilement Peut passer plus facilement par- dessus	Semi-remorque partiellement retenue	a) Opérateur ne sait pas comment la placer b) Identification de la surface d'appui sur la roue déficiente c) Opérateur la positionne de façon à éviter le coincement
	Positionnement inversé (surface d'appui de la roue vers l'extérieur)	Peut glisser plus facilement	Semi-remorque partiellement retenue	a) Opérateur ne sait pas comment la placer b) Identification de la surface d'appui sur la roue déficiente c) Opérateur la positionne de façon à éviter le coincement
	Usée (surface a perdu son adhérence ou grip)	Moins d'emprise sur le sol Retient la roue partiellement	Cale glisse sous l'effet de la force	a) Trop de temps entre les remplacements b) Programme d'inspection déficient
	Mauvaise emprise au sol	Retient partiellement la roue	Semi-remorque partiellement retenue	a) Mauvais choix de la cale b) Cale fournie par le camionneur c) Usure de la cale d) Présence de débris sous la cale e) Présence de glace, neige, sable... f) Cale pas à plat (ex. bout de chaîne en dessous)

	Ne retient pas la roue (qui passe par - dessus)	Ne retient pas la roue	remorque non retenue	a) Hauteur insuffisante de la cale (usure ou dimension initiale) b) Charge légère dans la semi-remorque c) Pneus dégonflés
	Positionné avec un espace avec la roue	Retient partiellement la roue	Semi-remorque partiellement retenue La semi-remorque peut avancer et la lèvre peut alors tomber	a) Placée ainsi pour éviter qu'elle soit coincée au moment de l'enlever (quand on charge la semi-remorque) b) Opérateur ne connaît pas la bonne façon de positionner la cale
	Effondrement sous la force engendrée par la roue	Roue partiellement retenue	Semi-remorque partiellement retenue ou non retenue	a) Usure excessive de la cale b) Froid intense (cale en plastique) c) Mauvaise conception d) Déformation initiale (cale en métal)
	cale positionnée dans un trou (nid de poule)	roue partiellement retenue	Semi-remorque partiellement retenue	a) Mauvais état de la chaussée b) présence de glace
Chaîne (corde) qui rattache la cale	Brisée	Cale ne restera pas nécessairement à sa position	Cale peut être perdue, ou utilisée sur un autre quai	a) Usure b) Départ inopiné d'un camion
	Trop courte	Cale ne peut être mise en position	Cale non positionnée	a) Cale d'un autre quai b) Modifications c) Mauvaise installation d) Un bout de la chaîne est pris sous la glace ou sous une roue de semi-remorque e) réparation fréquente des chaînes
	Trop longue	Tape sur les nerfs des utilisateurs Peut se coincer plus facilement ailleurs	Cale non positionnée	a) Conception / installation

AMDE sur les dispositifs de retenue automatique des roues

		Effets		
Composant	**Mode de défaillance**	**Local (sur les autres composants)**	**Final (sur le système)**	**Causes possibles (immédiates)**
Dispositif retenue roue	Ne se déploie pas	Ne retient pas la roue Active pas la détection	Semi-remorque non retenue	a) Défaillance de commande b) Défaillance première du mécanisme d) Blocage (glace, corrosion, débris...) e) Est bloqué par la roue (ex. modification du quai ou des coussins)
	Ne se rétracte pas	Retient la roue	Retient le camion (idéalement) Peut se détacher de sa fixation si le camion avance Intervention manuelle requise	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance du mécanisme d'activation (puissance) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément d) Défaillance de commande e) Coincement par les pneus (après chargement, déformation des pneus) f) Mouvements du camion
	Ne retient pas la roue (qui passe par dessus)	Ne retient pas la roue	remorque non retenue	a) Hauteur insuffisante du dispositif b) Charge légère dans la semi-remorque c) Pneus dégonflés d) Accumulation de glace sous les roues
	Ne se déploie pas correctement	Retient partiellement ou pas du tout la roue N'active pas la détection de bon positionnement	Ne retient pas le camion	a) Blocage mécanique en cours de fonctionnement (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance du mécanisme d'activation (puissance) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément d) Défaillance de commande
	Se positionne correctement mais pas par rapport aux roues	Retient partiellement ou pas du tout la roue	Ne retient pas le camion Bris d'un élément du camion	a) Défaillance détection b) Camion mal aligné c) Détection d'autre chose que la roue
	Seulement une partie de la roue calée	Retient partiellement la roue (peut se déplacer sous l'effet de la force)	Retient partiellement le camion	b) Camion mal aligné c) Incompatibilité entre camion et dispositif (voie pas toujours de la même largeur) d) Déformation du dispositif

	Se déploie correctement mais loin à l'horizontale par rapport aux roues	Jeu entre roues et dispositif	Possibilité d'un mouvement suffisant pour passer par-dessus le dispositif ou arracher le dispositif advenant le départ inopiné du camion Possibilité d'un mouvement suffisant pour entraîner une défaillance des béquilles Chute de la lèvre	a) Mauvaise conception du dispositif b) Mauvais positionnement du dispositif (installation) d) Défaillance du mécanisme de positionnement longitudinal e) Défaillance de la détection de la roue
	Se rétracte de façon intempestive	Ne retient pas la roue Peut ne pas désactiver la détection de bon positionnement	Ne retient pas le camion Peut ne pas indiquer l'état non-positionné	a) Défaillance du mécanisme d'activation (puissance ex. fuite d'huile) b) Défaillance de commande (ex.: fluctuations électriques) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément
	Se rétracte sous la force induite par la roue (démarrage ou mvt. du chargement)	Retient partiellement ou pas du tout la roue Peut ne pas désactiver la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion Peut ne pas indiquer l'état dépositionné	b) Conception du dispositif c) Mauvais positionnement (voir autres modes de défaillance) d) Mouvements importants occasionnée par le chariot e) Départ inopiné du camion e) Défaillance première mécanique f) N'est pas positionné correctement
	Est dégradé (endommagé) suite à collision (autre que par camion ex. déneigement)	Tous les autres modes de défaillance	Tous les autres effets	a) Sensible au déneigement mécanique (conception, position p/r au quai) b) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) c) Défaillance première: bris mécanique d'un élément d) Dispositif engagé avant
	Est dégradé (endommagé) par le camion qui recule	Tous les autres modes de défaillance	Tous les autres effets	a) Blocage mécanique (lubrification, glace, déformation) b) Défaillance première: bris mécanique d'un élément c) Mauvaise conception d) Dispositif engagé avant
	Est dégradé (déformé et/ou brisé) sous l'effet de la traction	Retient partiellement ou pas du tout la roue Peut ne pas désactiver la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion Peut ne pas indiquer l'état dépositionné Peut ne plus se dépositionner	a) Départ inopiné du camion b) Défaillance de commande c) Mauvaise conception
	Se détache de sa fixation sous l'effet de la traction	Retient partiellement ou pas du tout la roue Ne désactive pas la détection de bon positionnement	Retient partiellement le camion N'indique pas l'état dépositionné	a) Fixation inadéquate (installation ou dégradation) c) N'est pas dépositionné

	est absent (barre ou cale)	Roue non retenue	remorque non retenue	a) Dommage causé par camion, déneigeur... b) Défaillance de commande
Rampe de positionnement du dispositif	Brisée	Dispositif ne se positionne pas	Jeu possible entre dispositif et roue Signalisation ne détecte pas nécessairement	a) Dommage causé par camion, déneigeur...
	Croche	Dans le pire des cas, idem à brisé		a) Dommage causé par camion, déneigeur...
	trop large	roue partiellement retenue	Semi-remorque partiellement retenue	a) Mauvaise conception
Mécanisme d'activation	Ne positionne pas	Roue non retenue	Semi-remorque non retenue	a) Coincé (glace, débris) b) Enfouis sous glace (dispositif dans le sol) c) Défaillance de commande
	Positionne intempestivement	Dispositif en position	Peut être placé avant la semi-remorque, semi-remorque fait positionner le dispositif du mauvais coté de la roue, ou passe par-dessus (et endommage)	a) Erreur humaine b) Défaillance de commande
	Ne dépositionne pas le dispositif	Semi-remorque peut tirer dessus	- Possibilité d'endommager le dispositif - Possibilité d'endommager la (les) roue(s) - semi-remorque retenue au quai	a) Défaillance de commande b) Erreur humaine c) Coincé (glace, débris..., coincé sous la roue) d) Défaillance première du dispositif
	Retire intempestivement	Roue non retenue	Semi-remorque non retenue	a) Défaillance de commande b) Erreur humaine c) Défaillance première du dispositif
	Ne vient pas accoter le dispositif sur la roue (n'arrive pas à avancer alors qu'il le devrait)	Jeu entre roue et dispositif	Dépend de la distance du jeu. L'espace peut être négligeable, il peut aussi être assez grand pour qu'un chariot tombe. S'il y a espace, la semi-remorque peut prendre de l'inertie Chute de la lèvre	a) Coincé (glace, débris...) b) Défaillance première du dispositif

AMDE sur la signalisation[1]

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Lumière rouge intérieure	N'allume pas mais devrait être allumée	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique pas au cariste l'absence ou la non-retenue du camion (pas de camion ou camion non retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir lignes 37-38-42-47** b) lumière brûlée (y compris câblage coupé) c) mauvaise information, **voir lignes 3-4-7-11-15-16-22**
	Ne s'éteint pas	Pas	Indique toujours au cariste l'absence ou la non-retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir lignes 37-39-43-46** b) mauvaise information, **voir lignes 4-8-12-17-20-21**
	S'allume de façon intempestive	Les lumières vertes et rouge sont allumées	Indique au cariste l'absence ou la non-retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir lignes 37-40-44-49** b) mauvaise information, **voir lignes 5-9-13-18-24**
	S'éteint de façon intempestive	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique plus au cariste l'absence ou la non-retenue du camion (pas de camion ou camion non retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir lignes 37-41-45-48** b) mauvaise information, **voir lignes 6-10-14-19-23** c) lumière brûlée (y compris câblage coupé)
	S'allume faiblement	Pas	Indique mal au cariste l'absence ou la non-retenue du camion	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37**
Lumière verte intérieure	N'allume pas mais devrait être allumée	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique pas au cariste la retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) lumière brûlée (y compris câblage coupé) c) mauvaise information, **voir lignes 4-8-12-17**
	Ne s'éteint pas	Pas	Indique toujours au cariste la retenue du camion (pas de camion ou camion non retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir lignes 37-42-47** b) mauvaise information, **voir lignes 7-11-15-16-22**
	S'allume de façon intempestive	Les lumières vertes et rouge sont allumées	Indique au cariste la retenue du camion (pas de camion ou camion non retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information, **voir lignes 6-10-14-19-23**

[1] Les renvois (**voir lignes 37-38**) cités dans les « causes possibles » de l'AMDE signalisation renvoient aux modes de défaillance identifiés dans l'AMDE détection qui suit.

	S'éteint de façon intempestive	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique plus au cariste la retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information, **voir lignes 5-9-13-18-24** c) lumière brûlée (y compris câblage coupé)
	S'allume faiblement	Pas	Indique mal au cariste que le camion est retenu	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37**
Lumière rouge extérieure	N'allume pas mais devrait être allumée	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique pas au camionneur la retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) lumière brûlée (y compris câblage coupé) c) mauvaise information
	Ne s'éteint pas	Pas	Indique toujours au camionneur la retenue du camion (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information
	S'allume de façon intempestive	Les lumières vertes et rouge sont allumées	Indique au camionneur la retenue du camion (le camion n'est pas retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information
	S'éteint de façon intempestive	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique plus au camionneur la retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information c) lumière brûlée (y compris câblage coupé)
	S'allume faiblement	Pas	Indique mal au camionneur que le camion est retenu	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37**
Lumière verte extérieure	N'allume pas mais devrait être allumée	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique pas au camionneur l'absence ou la non-retenue du camion	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) lumière brûlée (y compris câblage coupé) c) mauvaise information
	Ne s'éteint pas	Pas	Indique toujours au camionneur l'absence ou la non-retenue du camion (le camion peut être retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information, voir cellule xxx dans AMDE détection
	S'allume de façon intempestive	Les lumières vertes et rouge sont allumées	Indique au camionneur l'absence ou la non-retenue du camion (le camion est retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information
	S'éteint de façon intempestive	Changement d'état de la détection d'ampoule brûlée	N'indique plus au camionneur l'absence ou la non-retenue du camion (le camion peut être retenu)	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information c) lumière brûlée (y compris câblage coupé)

	S'allume faiblement	Pas	Indique mal au camionneur l'absence ou la non-retenue du camion	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37**
Alarme sonore	Ne démarre pas	Pas	N'indique pas l'état anormal du système aux utilisateurs	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information c) défaillance de l'alarme (y compris câblage coupé)
	Ne s'arrête pas	Pas	Indique toujours un état anormal du système aux utilisateurs	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information
	Démarre de façon intempestive	Pas	Indique aux utilisateurs une situation anormale alors que ce n'est pas le cas	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information
	S'arrête de façon intempestive	Pas	N'indique plus aux utilisateurs que la situation est anormale	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) mauvaise information c) défaillance de l'alarme (y compris câblage coupé)
	Ne crie pas assez fort	Pas	Indique mal aux utilisateurs que la situation est anormale	a) défaillance du module logique (y compris CEM), **voir ligne 37** b) défaillance de l'alarme

AMDE sur la détection

	Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
3	Détection camion	détection continuelle	ne détecte pas l'absence du camion n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas l'absence du camion la signalisation peut ne pas refléter l'absence de camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (glace, débris etc) c) mauvais positionnement du capteur d) Blocage mécanique (capteur à tige)
4		non-détection continuelle	ne détecte pas la présence du camion n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas la présence du camion la signalisation peut ne pas refléter la présence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) mauvais positionnement du capteur c) Blocage mécanique (capteur à tige)
5		Changement intempestif de "détecté" à "non-détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus la présence du camion la signalisation peut ne plus refléter la présence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) Léger déplacement du camion + réglage trop proche du capteur

6		Changement intempestif de "non-détecté" à "détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus l'absence de camion la signalisation peut ne plus refléter l'absence de camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (neige, poussière...)
7	Détection de la barre anti-encastrement (star4)	détection continuelle	ne détecte pas l'absence de la barre n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas l'absence du camion la signalisation peut ne pas refléter l'absence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (glace, débris etc) c) mauvais positionnement du capteur d) Blocage mécanique (capteur à tige)
8		non-détection continuelle	ne détecte pas la présence de la barre n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas la présence du camion la signalisation peut ne pas refléter la présence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) mauvais positionnement du capteur c) Blocage mécanique (capteur à tige)
9		Changement intempestif de "détecté" à "non-détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus la présence du camion la signalisation peut ne plus refléter la présence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) Léger déplacement de la barre + réglage trop proche du capteur
10		Changement intempestif de "non-détecté" à "détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus l'absence de camion la signalisation peut ne plus refléter l'absence de camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (neige, poussière...)
11	Détection roue (GMR entre autres)	détection continuelle	ne détecte pas l'absence de la roue n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas l'absence du camion la signalisation peut ne pas refléter l'absence de camion Mauvais positionnement du dispositif (si automatique)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (glace, débris etc) c) mauvais positionnement du capteur
12		non-détection continuelle	ne détecte pas la présence du camion n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas la présence du camion la signalisation peut ne pas refléter la présence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) mauvais positionnement du capteur
13		Changement intempestif de "détecté" à "non-détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus la présence du camion la signalisation peut ne plus refléter la présence du camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) Léger déplacement de la roue + réglage trop proche du capteur
14		Changement intempestif de "non-détecté" à "détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus l'absence de camion la signalisation peut ne plus refléter l'absence de camion	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (neige, poussière...)
15	Détection Dispositif déployé	détection de position "déployé" continuelle	ne détecte pas le non-déploiement du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique si le dispositif est non déployé	n'indique pas le non déploiement du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la non-retenue du camion (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (accidentel ou volontaire) c) mauvais positionnement du capteur

16		détection de position déployée erronée (le dispositif n'est pas complètement déployé)	ne détecte pas le non-déploiement du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	la signalisation ne reflète pas la non-retenue du camion (le camion n'est pas retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (accidentel) c) mauvais réglage du capteur
17		non-détection de position "déployé" continuelle	ne détecte pas le déploiement du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le déploiement du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la retenue du camion (le camion peut être retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (accidentel ou volontaire) c) mauvais positionnement du capteur
18		Changement intempestif de "déployé" à "non-déployé"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le déploiement du dispositif la signalisation peut ne pas refléter le déploiement du dispositif le camion est retenu	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (accidentel)
19		Changement intempestif de "non-déployé" à "déployé" (détecte le dispositif déployé alors que le dispositif ne l'est pas)	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le non-déploiement du dispositif la signalisation peut ne plus refléter le non-déploiement du dispositif (le camion n'est pas retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (accidentel ou volontaire)
20	Détection Dispositif rétracté	détection de position "rétracté" continuelle	ne détecte pas le non-retrait du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le non-retrait du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la retenue du camion (le camion peut être retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (accidentel ou volontaire) c) mauvais positionnement du capteur
21		détection de position rétractée erronée (le dispositif n'est pas complètement rétracté)	ne détecte pas le non-retrait du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	le camion n'est pas retenu La signalisation dit que le dispositif est rétracté	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (accidentel) c) mauvais réglage du capteur
22		non-détection de position "rétracté" continuelle	ne détecte pas le retrait du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le retrait du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la non-retenue du camion (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) objet devant le capteur (accidentel ou volontaire) c) mauvais positionnement du capteur
23		Changement intempestif de "rétracté" à "non-rétracté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le retrait du dispositif la signalisation peut ne plus refléter le retrait du dispositif le camion n'est pas retenu	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (accidentel ou volontaire)

24		Changement intempestif de "non-rétracté" à "rétracté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le non-retrait du dispositif la signalisation peut ne plus refléter le non-retrait du dispositif (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance interne ou perturbation externe (CEM) b) déplacement du capteur c) objet devant le capteur (accidentel)
25	Détection pont en place	Bloqué en position "en place"	N/A	N/A	
26		Bloqué en position " pas en place"	N/A	N/A	
27		Changement intempestif de "en place" à "pas en place"	N/A	N/A	
28		Changement intempestif de "pas en place" à "en place"	N/A	N/A	
29	Détection porte fermée	Bloqué en position "fermée"	N/A	N/A	
30		Bloqué en position " ouverte"	N/A	N/A	
31		Changement intempestif de "fermée" à "ouverte"	N/A	N/A	
32		Changement intempestif de "ouverte" à "fermée"	N/A	N/A	
33	Module logique (commande puissance)	Ne commande pas l'activation du dispositif après en avoir reçu la commande	pas de signal envoyé vers la puissance du dispositif peut modifier l'état de la signalisation	camion non retenu la signalisation peut ne pas être cohérente avec l'état du dispositif	a) défaillance interne
34		Commande l'activation du dispositif sans en avoir reçu la commande	signal envoyé vers la puissance du dispositif peut modifier l'état de la signalisation	camion peut être retenu la signalisation peut ne pas être cohérente avec l'état du dispositif	a) défaillance interne

35		Ne commande pas la désactivation du dispositif après en avoir reçu la commande	pas de signal envoyé vers la puissance du dispositif peut modifier l'état de la signalisation	le camion est retenu la signalisation peut ne pas être cohérente avec l'état du dispositif	a) défaillance interne
36		Commande la désactivation du dispositif sans en avoir reçu la commande	signal envoyé vers la puissance du dispositif peut modifier l'état de la signalisation	camion peut ne pas être retenu la signalisation peut ne pas être cohérente avec l'état du dispositif	a) défaillance interne
37	Module logique (commande signalisation)	commande intempestive de la signalisation (tous les cas de figure possible)	modifie l'état de la signalisation	la signalisation peut ne pas être cohérente avec l'état du dispositif	a) défaillance interne
38	Module logique (entrée détection camion)	détection continuelle	ne détecte pas le départ du camion n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas l'absence du camion la signalisation peut ne pas refléter l'absence de camion	a) défaillance interne
39		non-détection continuelle	ne détecte pas la présence du camion n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas la présence du camion la signalisation peut ne pas refléter la présence du camion	a) défaillance interne
40		Changement intempestif de "détecté" à "non-détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus la présence du camion la signalisation peut ne plus refléter la présence du camion	a) défaillance interne
41		Changement intempestif de "non-détecté" à "détecté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus l'absence de camion la signalisation peut ne plus refléter l'absence de camion	a) défaillance interne
42	Module logique (entrée Détection Dispositif déployé)	détection de position "déployé" continuelle	ne détecte pas le non-déploiement du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le non déploiement du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la non-retenue du camion (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance interne
43		non-détection de position "déployé" continuelle	ne détecte pas le déploiement du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le déploiement du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la retenue du camion (le camion peut être retenu)	a) défaillance interne

44		Changement intempestif de "déployé" à "non-déployé"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le déploiement du dispositif la signalisation peut ne pas refléter le déploiement du dispositif le camion est retenu	a) défaillance interne
45		Changement intempestif de "non-déployé" à "déployé"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le non-déploiement du dispositif la signalisation peut ne plus refléter le non-déploiement du dispositif (le camion n'est pas retenu)	a) défaillance interne
46	Module logique (entrée Détection Dispositif rétracté)	détection de position "rétracté" continuelle	ne détecte pas le non-retrait du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le non-retrait du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la retenue du camion (le camion peut être retenu)	a) défaillance interne
47		non-détection de position "rétracté" continuelle	ne détecte pas le retrait du dispositif n'envoie pas la bonne information au module de logique	n'indique pas le retrait du dispositif la signalisation peut ne pas refléter la non-retenue du camion (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance interne
48		Changement intempestif de "rétracté" à "non-rétracté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le retrait du dispositif la signalisation peut ne plus refléter le retrait du dispositif le camion n'est pas retenu	a) défaillance interne
49		Changement intempestif de "non-rétracté" à "rétracté"	n'envoie plus la bonne information au module de logique	n'indique plus le non-retrait du dispositif la signalisation peut ne plus refléter le non-retrait du dispositif (le camion peut ne pas être retenu)	a) défaillance interne

AMDE sur les procédures

Les procédures ont été divisées en 10 composantes, chacune ayant des particularités différentes. Ces procédures sont décrites dans le tableau suivant puis leur AMDE est réalisée ensuite.

Procédure	Composants du système	Informations sur le scénario	Mesures de retenue
1-A	Cariste en charge du transbordement, camionneur ou shunter, semi-remorque	Petit département avec un seul cariste qui est en charge de tout. Il peut toutefois y avoir plusieurs semi-remorques en chargement ou déchargement. **La communication se fait directement entre le cariste et le camionneur/shunter**	Cariste en charge du transbordement informe le camionneur ou le shunter de la fin du transbordement
1-B	Cariste en charge du transbordement, camionneur ou shunter, autre cariste, superviseur, coordonnateur, semi-remorque	Scénario semblable au précédent dans le sens ou c'est le **cariste en charge qui assure la communication avec le camionneur/shunter.** Il y a cependant d'autres acteurs dans le département	Cariste en charge du transbordement informe le camionneur ou le shunter de la fin du transbordement
2	Cariste en charge du transbordement, camionneur ou shunter, autre cariste, superviseur, coordonnateur, semi-remorque	Dans ce scénario, c'est le **superviseur et/ou le coordonnateur qui est responsable des communications** avec le camionneur/shunter et les autres caristes. C'est lui qui a la responsabilité de donner le OK de départ. La sécurité repose exclusivement sur ses communications.	Cariste en charge informe le superviseur ou le coordonnateur de la fin du transbordement et le superviseur ou le coordonnateur donne le OK au camionneur ou au shunter et informe les autres caristes
3	Cariste en charge, camionneur extérieur seulement, autre cariste, superviseur, coordonnateur, semi-remorque + clefs du camion	Le superviseur et/ou le coordonnateur est responsable des communications avec le camionneur. La procédure prévoit que le camionneur remet **les clefs de son camion** au superviseur/coordonnateur. Ce scénario présuppose que les tracteurs restent attelés à la semi-remorque. Note : Ce scénario n'a pas été rencontré dans nos enquêtes.	Le camionneur remet les clefs de son camion au superviseur/coordonnateur. Le cariste en charge informe le superviseur/coordonnateur de la fin du transbordement et le superviseur/coordonnateur donne le OK au camionneur en lui remettant ses clefs. Le superviseur/coordonnateur informe les autres caristes qu'il a donné le OK au camionneur
4	Cariste en charge, camionneur extérieur seulement, autre cariste, superviseur, coordonnateur, semi-remorque + clefs du circuit pneumatique de la semi-remorque et ou du camion	Le superviseur/coordonnateur est responsable des communications avec le camionneur. La procédure prévoit que le camionneur **verrouille le circuit pneumatique** de la semi-remorque et qu'il remet les clefs au superviseur/coordonnateur. (Si le tracteur reste attelé, le camionneur remet ses clefs au superviseur/coordonnateur; voir procédure 3) .	Le camionneur remet les clefs de son camion ou du système de verrouillage du circuit pneumatique au superviseur/coordonnateur. Le cariste en charge du transbordement informe le superviseur/coordonnateur de la fin du transbordement et ce dernier donne le OK au camionneur en lui remettant ses clefs. Le superviseur/coordonnateur informe les autres caristes qu'il a donné le OK au camionneur

5	Cariste en charge, camionneur ou shunter, semi-remorque, + système de signalisation lumineux intérieur et extérieur	Petit département avec un seul cariste qui est en charge de tout. Il peut toutefois y avoir plusieurs semi-remorques en chargement ou déchargement. La communication se fait directement entre le cariste et le camionneur/shunter. Il y a un **système de signalisation (lumière rouge ou verte)** à l'extérieur et à l'intérieur qui est commandé manuellement de l'intérieur.	En début de transbordement, le cariste en charge active la signalisation pour que le feu extérieur soit au rouge et celui intérieur au vert. À la fin du transbordement, il place la signalisation au vert à l'extérieur et au rouge à l'intérieur puis informe le camionneur ou le shunter de la fin du transbordement.
6	Cariste en charge, camionneur ou shunter, autre cariste, superviseur, coordonnateur, semi-remorque+ système de signalisation lumineux intérieur et extérieur	Le superviseur et/ou le coordonnateur est responsable des communications avec le camionneur. Il y a un **système de signalisation (lumière rouge ou verte)** à l'extérieur et à l'intérieur qui est commandé manuellement de l'intérieur.	En début de transbordement, le cariste en charge active la signalisation pour que le feu extérieur soit au rouge et celui intérieur au vert. À la fin du transbordement, il place la signalisation au vert à l'extérieur et au rouge à l'intérieur puis informe le superviseur/coordonnateur de la fin du transbordement. Ce dernier donne le OK au camionneur/shunter. Les autres caristes ne sont informés que par la signalisation.
7	Cariste en charge, camionneur ou shunter, autres caristes, superviseur, coordonnateur, semi-remorque+ cales de roues manuelles	Le superviseur/coordonnateur est responsable des communications avec le camionneur/shunter. **Le camionneur/shunter est responsable de placer et d'enlever les cales de roues.**	Le camionneur/shunter place la cale de roue. Le cariste en charge informe le superviseur/coordonnateur de la fin du transbordement. Le camionneur/shunter enlève la cale de roue avant de partir.
8	Cariste en charge, camionneur ou shunter, autres caristes, superviseur, coordonnateur, semi-remorque+ cales de roues reliées à une signalisation	Le superviseur/coordonnateur est responsable des communications avec le camionneur/shunter. **Le camionneur/shunter est responsable de placer et d'enlever les cales de roues.** Nous posons l'hypothèse que lorsque la cale est en place, une lumière verte s'allume à l'intérieur. Dans le cas contraire, la lumière est rouge. Il n'y a cependant pas de signalisation à l'intention du camionneur/shunter.	Le camionneur/shunter place la cale de roue. Le cariste en charge informe le superviseur/coordonnateur de la fin du transbordement. Le camionneur/shunter enlève la cale de roue avant de partir. Les caristes ne doivent pas pénétrer dans les semi-remorques si la signalisation est au rouge
9	Cariste en charge, camionneur ou shunter, autres caristes, superviseur, coordonnateur, semi-remorque+dispositif de retenu actionné par le cariste (ex. barre anti-encastrement, cale de roue automatique)	Le superviseur/coordonnateur est responsable des communications avec le camionneur/shunter. Il y a un **dispositif de retenu actionné de l'intérieur** qui empêche tout mouvement de la semi-remorque. Le dispositif comprend également une signalisation intérieure et extérieure (rouge à l'extérieur lorsqu'il est en place et vert à l'intérieur).	Le cariste est responsable de mettre le dispositif de retenu en place et de s'assurer de son bon fonctionnement. À la fin du transbordement, il retire le dispositif de retenu et informe le superviseur/coordonnateur qui donne le OK au camionneur/shunter. Ce dernier doit s'assurer que la lumière est verte avant de partir. Si ce n'est pas le cas, il doit aller vérifier ce qui se passe avant de partir. Les caristes ne doivent pas pénétrer dans la semi-remorque si la lumière est rouge. Il y a une procédure spéciale pour les cas où le dispositif ne peut être utilisé (cas particulier a étudier séparément).

Procédure 1-A

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au camionneur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Cariste donne un OK différé dans le temps (tu peux quitter dans "X" min) et pénètre dans la semi-remorque après le délais	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Difficulté de communication (ex. distance trop grande, le camionneur désire attendre dans son camion et ne pas revenir dans le département, etc.)
	indique le mauvais quai au shunter			
	Donne le OK au mauvais camionneur	Camionneur ou shunter mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur dans la communication
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK	Semi-remorque quitte le quai	Perte de sécurité du système	a) Distraction b) Interprète mal les signaux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (fin des activités) d) Ne respecte pas la procédure
	Part avec la mauvaise semi-remorque	Semi-remorque quitte le quai	Perte de sécurité du système	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur dans la communication
Semi-remorque (sans tracteur)	La semi-remorque s'éloigne du quai	Risque de chute	Risque de chute	Mouvements du chariot font déplacer la semi-remorque

Procédure 1-B

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au camionneur/shunter	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Cariste donne un OK différé dans le temps (tu peux quitter dans "X" min) et pénètre dans la semi-remorque après le délais	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Difficulté de communication (ex. distance trop grande, le camionneur désire attendre dans son camion et ne pas revenir dans le département, etc.)

	Donne le ok au superviseur en faisant une erreur... et lui demande de communiquer l'info au camionneur			
	Donne le OK au mauvais camionneur ou indique le mauvais quai au camionneur/shunter	Camionneur ou shunter mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identifiфcation des quais b) Erreur de communication
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK	Départ inopiné de la semi-remorque	Départ inopiné de la semi-remorque	a) Distraction b) Interprète mal les siganux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (ex. reçoit ces documents du superviseur/coordonnateur, fin des activités de transbordement, etc.) d) Ne respecte pas la procédure
	Part avec la mauvaise semi-remorque	Départ inopiné de la semi-remorque	Départ inopiné de la semi-remorque	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur humaine c) d)
Superviseur/coordonnateur	Donne le OK au camionneur ou au shunter sans informer les caristes	Caristes pas informés du risque de départ inopiné de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense que le chargement est terminé b) Se trompe de quai lorsqu'il indique que le transbordement est terminé à un autre quai c) Ne respecte pas la procédure
	accepte de transmettre le ok du cariste au camionneur et fait une erreur			
	Demande à un autre cariste de pénétrer dans la semi-remorque alors que le cariste en charge a donner le OK au camionneur	Caristes pas informés du risque de départ inopiné de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas les procédures
Autres caristes	Pénètre dans la semi-remorque après que le cariste en charge du transbordement a donné le OK au camionneur ou shunter	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas les procédures b) N'a pas été informé que le OK a été donné
	Donne le OK au camionneur ou au shunter alors qu'il n'a pas à le faire	Cariste en charge pas informé du risque de départ inopiné Camionneur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas les procédures b) Procédure par clair
Semi-remorque	S'éloigne du quai		Ne retient pas le camion	Mouvements du chariot font déplacer la semi-remorque

Procédure 2

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au superviseur/coordonnateur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonnateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur de communication
	Pénètre dans la mauvaise semi-remorque			a) erreur du cariste
	Ne respecte pas la procédure et donne le ok au shunter (ref proc 1-a)			
	En cas de co-activité, n'informe pas l'autre cariste du fait qu'il a donné le OK au superviseur/coordonnateur	Autre cariste pas informé de possibilité de départ de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Déficience de la procédure
Autres caristes	Rentre dans la mauvaise semi-remorque après que camionneur a reçu le OK		Perte de sécurité	a) Rien qui indique que le camion va quitter b) Cariste se trompe de semi-remorque
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK	Camion quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) Distraction b) Interprète mal les siganux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (fin des activités de transbordement) d) Ne respecte pas la procédure
	Part avec la mauvaise semi-remorque	Camion quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur humaine
Superviseur et/ou coordonnateur	Accepte OK de quelqu'un d'autre que le cariste en charge	a) Les caristes ne sont pas informés b) Camionneur reçoit la mauvaise information	Ne retient pas le camion	a) Ne respecte pas la procédure b) Procédure pas claire c) se trompe de quai
	Donne le OK au camionneur sans avoir reçu le OK du cariste	a) Les caristes ne sont pas informés	Ne retient pas le camion	a) Respecte pas la procédure b) Mauvaise interprétation de signaux c) Mauvaise communication entre superviseur et coordonnateur
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au camionneur/shunter	Camionneur/shunter induit en erreur	Ne retient pas le camion	a) Erreur de communication c) Mauvaise identification des quais

	Donne le OK au camionneur/shunter mais n'informe pas les autres caristes	Les autres caristes ne sont pas informé du OK	Perte de sécurité pour les autres caristes	a) Ne respecte pas la procédure b) Oubli
	Demande au cariste d'aller dans une semi-remorque alors que le ok a été donné			
Semi-remorque	S'éloigne du quai		Ne retient pas le camion	Mouvements du chariot font déplacer la semi-remorque

Procédure 3

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au superviseur/coordonnateur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonnateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur de communication
	En cas de co-activité, n'informe pas l'autre cariste du fait qu'il a donné le OK au superviseur/coordonnateur	Autre cariste pas informé de possibilité de départ de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Déficience de la procédure
Autres caristes	Rentre dans la mauvaise semi-remorque après que camionneur a reçu le OK		Perte de sécurité	a) Rien qui indique que camion va quitter b) Cariste se trompe de semi-remorque
Camionneur	Ne remet pas les clefs au superviseur/coordonnateur		Risque de départ inopiné du camion	a) Ne connaît pas la procédure b) Ne respecte pas la procédure
	Part sans avoir reçu le OK	Camion quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) N'a pas donné ses clefs par ignorance de la procédure et n'a pas attendu le OK
Superviseur et/ou coordonnateur	N'exige pas les clefs du camionneur avant de donner le OK du transbordement		Ne retient pas le camion	a) Par oubli b) Ne respecte pas la procédure
	Accepte OK de quelqu'un d'autre que le cariste en charge	a) Les caristes ne sont pas informés b) Camionneur reçoit la mauvaise information	Ne retient pas le camion	a) Ne respecte pas la procédure

	Donne le OK au camionneur sans avoir reçu le OK du cariste	Les caristes ne sont pas informés	Ne retient pas le camion	a) Respecte pas la procédure b) Mauvaise interprétation de signaux c) Mauvaise communication entre superviseur et coordonnateur
	Donne le OK au camionneur mais n'informe pas les autres caristes	Les autres caristes ne sont pas informés du OK	Perte de sécurité pour les autres caristes	a) Ne respecte pas la procédure b) Oubli
Semi-remorque	S'éloigne du quai		Ne retient pas le camion	Mouvements du chariot font déplacer la semi-remorque

Procédure 4

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au superviseur/coordonnateur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonnateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur de communication
	En cas de co-activité, n'informe pas l'autre cariste du fait qu'il a donné le OK au superviseur/coordonnateur	Autre cariste pas informé de possibilité de départ de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Déficience de la procédure
Autres caristes	Rentre dans la mauvaise semi-remorque après que camionneur a reçu le OK		Perte de sécurité	a) Rien qui indique que camion va quitter b) Cariste se trompe de semi-remorque
Camionneur	a) Un camionneur ou le shunter part avec la mauvaise semi-remorque (qui n'a pas été verrouillée)	Camion quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) N'a pas donné ses clefs par ignorance ou non-respect de la procédure b) Erreur d'identification de quai
Superviseur et/ou coordonnateur	N'exige pas les clefs du camionneur avant de donner le OK du transbordement		Ne retient pas le camion	a) Par oubli b) Ne respecte pas la procédure
	Accepte OK de quelqu'un d'autre que le cariste en charge	a) Les caristes ne sont pas informés b) Camionneur reçoit la mauvaise information	Ne retient pas le camion	a) Ne respecte pas la procédure b) Ne connaît pas la procédure

	Donne le OK au camionneur sans avoir reçu le OK du cariste	a) Les caristes ne sont pas informés	Ne retient pas le camion	a) Respecte pas la procédure b) Mauvaise interprétation de signaux c) Mauvaise communication entre superviseur et coordonnateur
	Donne le OK au camionneur mais n'informe pas les autres caristes	Les autres caristes ne sont pas informé du OK	Perte de sécurité pour les autres caristes	a) Ne respecte pas la procédure b) Oubli
Semi-remorque	S'éloigne du quai		Ne retient pas le camion	Mouvement du chariot

Procédure 5

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au camionneur et activé la signalisation (vert extérieur)	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion = très peu probable
	Cariste n'actionne pas la signalisation ou l'actionne incorrectement	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas la procédure
	Donne le OK au mauvais camionneur ou indique le mauvais quai au shunter	Camionneur ou shunter mal informé ; signalisation l'empêche de partir	Risque de départ inopiné du camion grandement diminué	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur dans la communication
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK, malgré la signalisation au rouge	Camion quitte le quai	Perte de sécurité du système	a) Distraction b) Interprète mal les signaux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (fin des activités) d) Ne respecte pas la procédure e) Ne tient pas compte de la signalisation
	Part avec la mauvaise semi-remorque; ne teint pas compte de la signalisation	Camion quitte le quai	Perte de sécurité du système	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur dans la communication c) Ne tient pas compte de la signalisation
Semi-remorque (sans tracteur)	La semi-remorque s'éloigne du quai	Risque de chute	Risque de chute	Mouvements du chariot font déplacer la semi-remorque

Procédure 6

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Cariste n'actionne pas la signalisation ou l'actionne incorrectement	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Oubli b) Ne connaît pas la procédure
	Cariste pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au superviseur/coordonnateur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps (scénario peu probable)
	pénètre dans une semi-remorque alors que la signalisation est au rouge			
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonnateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur de communication
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK et en ignorant la signalisation	Départ inopiné du camion	Départ inopiné du camion	a) Distraction b) Interprète mal les signaux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (ex. reçoit ces documents du superviseur/coordonnateur, fin des activités de transbordement, etc.) d) Ne respecte pas la procédure e) Ignore la signalisation
	Part avec la mauvaise semi-remorque en ignorant la signalisation	Départ inopiné de la semi-remorque	Départ inopiné de la semi-remorque	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur humaine c) Ignore la signalisation
Superviseur/coordonnateur	Donne le OK au camionneur ou au shunter sans informer les caristes	Caristes pas informés du risque de départ inopiné de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense que le chargement est terminé b) Se trompe de quai lorsqu'il indique que le transbordement est terminé à un autre quai c) Ne respecte pas la procédure
	Demande à un autre cariste de pénétrer dans la semi-remorque alors qu'il a donner le OK au camionneur	Caristes pas informés du risque de départ inopiné de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas les procédures
	Change la signalisation à la place du cariste en charge			
Autres caristes	Pénètre dans la semi-remorque après que le cariste en charge du transbordement a donné le OK au	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas les procédures b) N'a pas été informé que le OK a été donné c) Ignore la signalisation

	superviseur/coordonnateur et que la signalisation est au rouge			
	Donne le OK au camionneur ou au shunter alors qu'il n'a pas à le faire	Cariste en charge pas informé du risque de départ inopiné Camionneur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Ne respecte pas les procédures b) Procédure par clair
	Pénètre dans la semi-remorque alors que la signalisation est au rouge			
	Change la signalisation à la place du cariste en charge	Induit le camionneur en erreur	Risque de départ inopiné du camion	a) Ignore la procédure b) Ne respecte pas la procédure
Semi-remorque	S'éloigne du quai		Ne retient pas le camion	Mouvements du chariot font déplacer la semi-remorque

Procédure 7

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au superviseur/coordonnateur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonnateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Risque de départ inopiné du camion	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur de communication
	En cas de co-activité, n'informe pas l'autre cariste du fait qu'il a donné le OK au superviseur/coordonnateur	Autre cariste pas informé de possibilité de départ de la semi-remorque	Risque de départ inopiné du camion	a) Déficience de la procédure
Autres caristes	Rentre dans la mauvaise semi-remorque après que camionneur a reçu le OK		Perte de sécurité	a) Rien qui indique que le camion va quitter b) Cariste se trompe de semi-remorque
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK et ignore la cale	Semi-remorque quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) Distraction b) Interprète mal les signaux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (fin des activités de transbordement) d) Ne respecte pas la procédure

	Part avec la mauvaise semi-remorque et ignore la cale	Semi-remorque quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur humaine
	Ne place pas la cale	a) semi-remorque non retenue b) Cariste a une fausse impression de sécurité	Ne retient pas le camion	a) Ignore la procédure b) Ne respecte pas la procédure c) Les cales ne sont pas disponibles d) Pas suffisamment d'espace pour accéder aux roues arrières
	Ne place pas correctement la cale	a) semi-remorque non retenue b) Cariste a une fausse impression de sécurité	Ne retient pas le camion	a) Négligence b) Accès difficile
Superviseur et/ou coordonnateur	Accepte OK de quelqu'un d'autre que le cariste en charge	a) Les caristes ne sont pas informés b) Camionneur reçoit la mauvaise information	Ne retient pas le camion	a) Ne respecte pas la procédure b) Procédure pas claire
	Donne le OK au camionneur sans avoir reçu le OK du cariste	a) Les caristes ne sont pas informés	Ne retient pas le camion	a) Respecte pas la procédure b) Mauvaise interprétation de signaux c) Mauvaise communication entre superviseur et coordonnateur
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au camionneur/shunter	Camionneur/shunter induit en erreur	Ne retient pas le camion	a) Erreur de communication c) Mauvaise identification des quais
	Donne le OK au camionneur/shunter mais n'informe pas les autres caristes	Les autres cariste ne sont pas informé du OK	Perte de sécurité pour les autres caristes	a) Ne respecte pas la procédure b) Oubli
Semi-remorque	Nous posons l'hypothèse que la cale empêche tout mouvement			

Procédure 8

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir donné le OK au superviseur/coordonnateur et ne tient pas compte de la signalisation (rouge)	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion

	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Risque de départ inopiné du camion (grave si cariste est dans la semi-remorque sinon la signalisation indique départ imminent)	a) Mauvaise identifiфcation des quais b) Erreur de communication
	Entre dans une semi-remorque alors que la signalisaiton est au rouge			a) a reçcu 'ordre d'entrer même au rouge b) ne regarde pas la lumière
Autres caristes	Rentre dans la semi-remorque malgré signalisation au rouge		Perte de sécurité	a) Ne respecte pas la procédure b) Cariste ne tient pas compte de la signalisation c) Cariste ne voit pas la signalisation
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK et ignore la cale	Semi-remorque quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) Distraction b) Interprète mal les siganux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (fin des activités de transbordement) d) Ne respecte pas la procédure
	Part avec la mauvaise semi-remorque et ignore la cale et signalisation	Semi-remorque quitte le quai	Ne retient pas le camion	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur humaine
	Ne place pas la cale	a) semi-remorque non retenue b) Signalisation reste au rouge	Sécurité diminué	a) Ignore la procédure b) Ne respecte pas la procédure c) Les cales ne sont pas disponibles d) Pas suffisamment d'espace pour accéder aux roues arrières
	Ne place pas correctement la cale mais signalisation passe au vert	a) semi-remorque non retenue b) Cariste a une fausse impression de sécurité	Ne retient pas le camion	a) Négligence b) Accès difficile c) Mauvais réglage du détecteur de position
Superviseur et/ou coordonnateur	Accepte OK de quelqu'un d'autre que le cariste en charge	a) Les caristes ne sont pas informés b) Camionneur reçoit la mauvaise information	Ne retient pas le camion	a) Ne respecte pas la procédure b) Procédure pas claire
	Donne le OK au camionneur sans avoir reçu le OK du cariste	a) Les caristes ne sont pas informés	Ne retient pas le camion	a) Respecte pas la procédure b) Mauvaise interprètation de signaux c) Mauvaise communication entre superviseur et coordonnateur
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au camionneur/shunter	Camionneur/shunter induit en erreur	Ne retient pas le camion	a) Erreur de communication c) Mauvaise identification des quais
Semi-remorque	Nous posons l'hypothèse que la cale empêche tout mouvement			

Procédure 9

Composant	Mode de défaillance	Local (sur les autres composants)	Final (sur le système)	Causes possibles (immédiates)
Cariste en charge du transbordement	Pénètre dans la semi-remorque après avoir enlevé le dispositif et donné le OK au superviseur/coordonnateur	Risque de départ inopiné du camion	Risque de départ inopiné du camion	a) Pense avoir le temps avant le départ du camion
	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au superviseur/coordonnateur	Superviseur/coordonnateur mal informé	Signalisation extérieur maintien la sécurité	a) Mauvaise identification des quais b) Erreur de communication
	Ne place pas le dispositif et pénètre dans la semi-remorque quand même	Signalisation reste au rouge à l'intérieur et vert à l'extérieur	Perte de sécurité	a) Ignore la procédure b) Ne respecte pas la procédure c) Mauvais fonctionnement du dispositif et urgence de production
	Le cariste donne le ok mais n'enlève pas le dispositif	Dispo ou barre anti-encastrement endommagée		
Autres caristes	Rentre dans la semi-remorque malgré signalisation au rouge		Perte de sécurité	a) Ne respecte pas la procédure b) Cariste ne tient pas compte de la signalisation c) Cariste ne voit pas la signalisation
Camionneur ou shunter	Part sans avoir reçu le OK et ignore la signalisation	Semi-remorque quitte le quai (bris du système)	Ne retient pas le camion	a) Distraction b) Interprète mal les signaux du cariste c) Interprète mal d'autres signaux (fin des activités de transbordement) d) Ne respecte pas la procédure e) Ignore la signalisation
	Part avec la mauvaise semi-remorque et ignore la signalisation	Semi-remorque quitte le quai (bris du système)	Ne retient pas le camion	a) Mauvaise identification du quai b) Erreur humaine c) Ignore la signalisation
Superviseur et/ou coordonnateur	Accepte OK de quelqu'un d'autre que le cariste en charge	a) Les caristes ne sont pas informés b) Camionneur reçoit la mauvaise information	Ne retient pas le camion	a) Ne respecte pas la procédure b) Procédure pas claire
	Donne le OK au camionneur sans avoir reçu le OK du cariste	a) Les caristes ne sont pas informés	Ne retient pas le camion	a) Respecte pas la procédure b) Mauvaise interprétation de signaux c) Mauvaise communication entre superviseur et coordonnateur

	Donne le OK en indiquant le mauvais quai au camionneur/shunter	Camionneur/shunter induit en erreur	Ne retient pas le camion	a) Erreur de communication c) Mauvaise identification des quais
	Superviseur enlève le dispositif avant la fin du chargement			
Semi-remorque	Nous posons l'hypothèse que le dispositif empêche tout mouvement			

ÉTUDES ET RECHERCHES

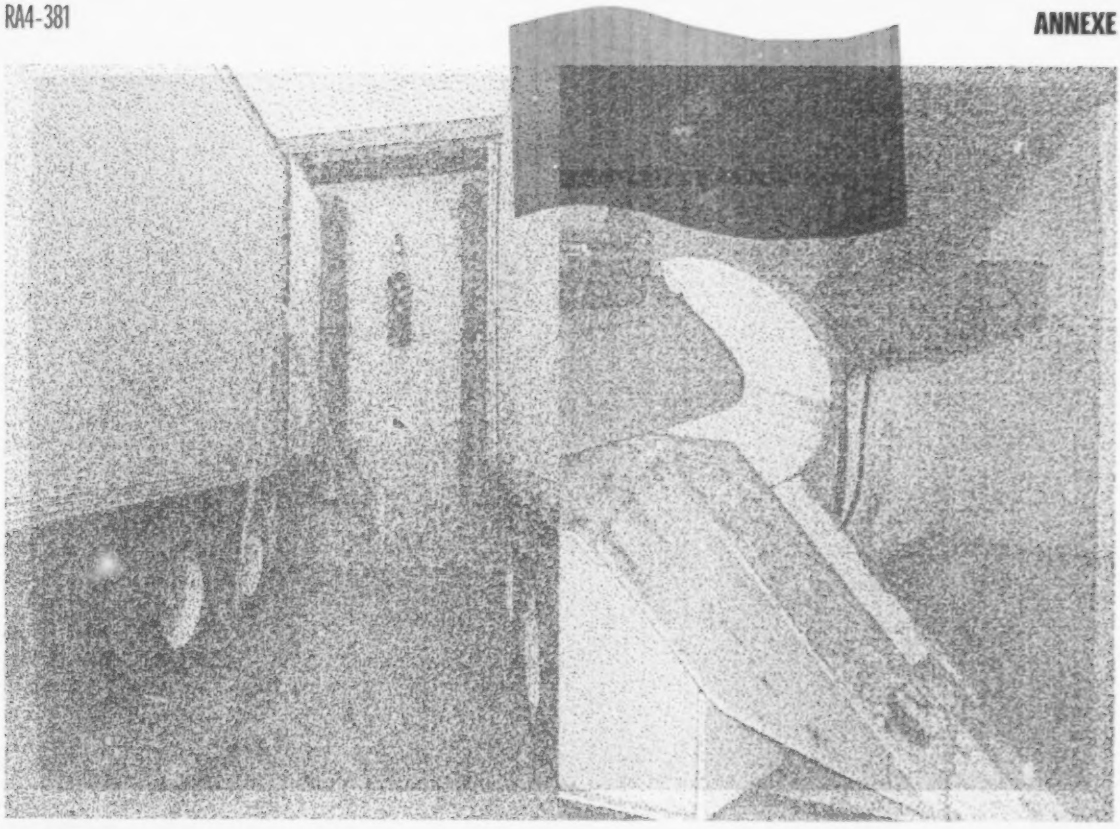
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Résultats de l'arbre des fautes (ADF)

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA4-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Résultats de l'arbre des fautes (ADF)

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE D

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

TABLE DES MATIÈRES

1	Événement sommet : l'accident	3
2	Basculement	5
3	Affaissement des béquilles	6
4	Basculement latéral	6
5	Départ inopiné	7
6	Glissement pur	9
7	Avancement de la semi-remorque	10
8	Rampage de la semi-remorque	11
9	Dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement	12
10	Dispositifs de retenue des roues automatiques	20
11	Cales manuelles	21
12	Cales à détection de positionnement et plaque de retenue	23
13	Tracteur attelé	24
14	Chandelles sous la semi-remorque	26
15	Signalisation visuelle	27
16	Alarme sonore	29
17	Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque	30
18	Procédure de communication avec camionneur ou gareur	31
19	Retenue des clefs	32
20	Cadenassage des boyaux d'air du système de freins	33

Introduction

Cette annexe présente le résultat complet de l'analyse des risques sous la forme d'un arbre des fautes global. Cet arbre global est en fait composé de 19 arbres plus petits, chacun développant un concept différent. Ce sont ces derniers qui seront décrits dans cette annexe. L'arbre global présenté ici est une version réduite.

En plus des différentes composantes retrouvées normalement dans un arbre des fautes (ET, OU, Losange, Cercle, Triangle). Un autre symbole a été ajouté à la liste des symboles standards soit l'élément « amplificateur » (un rectangle aux coins arrondis). Celui-ci désigne un événement qui est ni nécessaire, ni suffisant pour obtenir l'événement au-dessus de lui, mais qui peut influencer les probabilités d'obtention de ce dernier. Par exemple, l'inclinaison de la cour n'est ni nécessaire ni suffisante pour qu'il y ait glissement d'une semi-remorque, mais les probabilités de glissement sont nettement supérieures si la cour est inclinée vers l'extérieur.

1 Événement sommet : l'accident

L'accident se produit lorsque le chariot tombe en bas du quai ou lorsque la semi-remorque bascule lorsque le chariot se trouve à l'intérieur. La chute du chariot requiert deux événements, soit un avancement de la semi-remorque et la présence du chariot (figure 1). Le scénario où un chariot tombe en bas d'un quai vide (où il ne devait pas aller par exemple en reculant pour changer de sens) n'est pas traité dans cette étude. Sept événements dangereux pouvant entraîner l'accident donc sont présentés, soit le départ inopiné, le glissement pur, le rampage de la semi-remorque, le roulement de la semi-remorque (les roues tournent et ne glissent pas), le basculement, le basculement latéral et l'affaissement des béquilles.

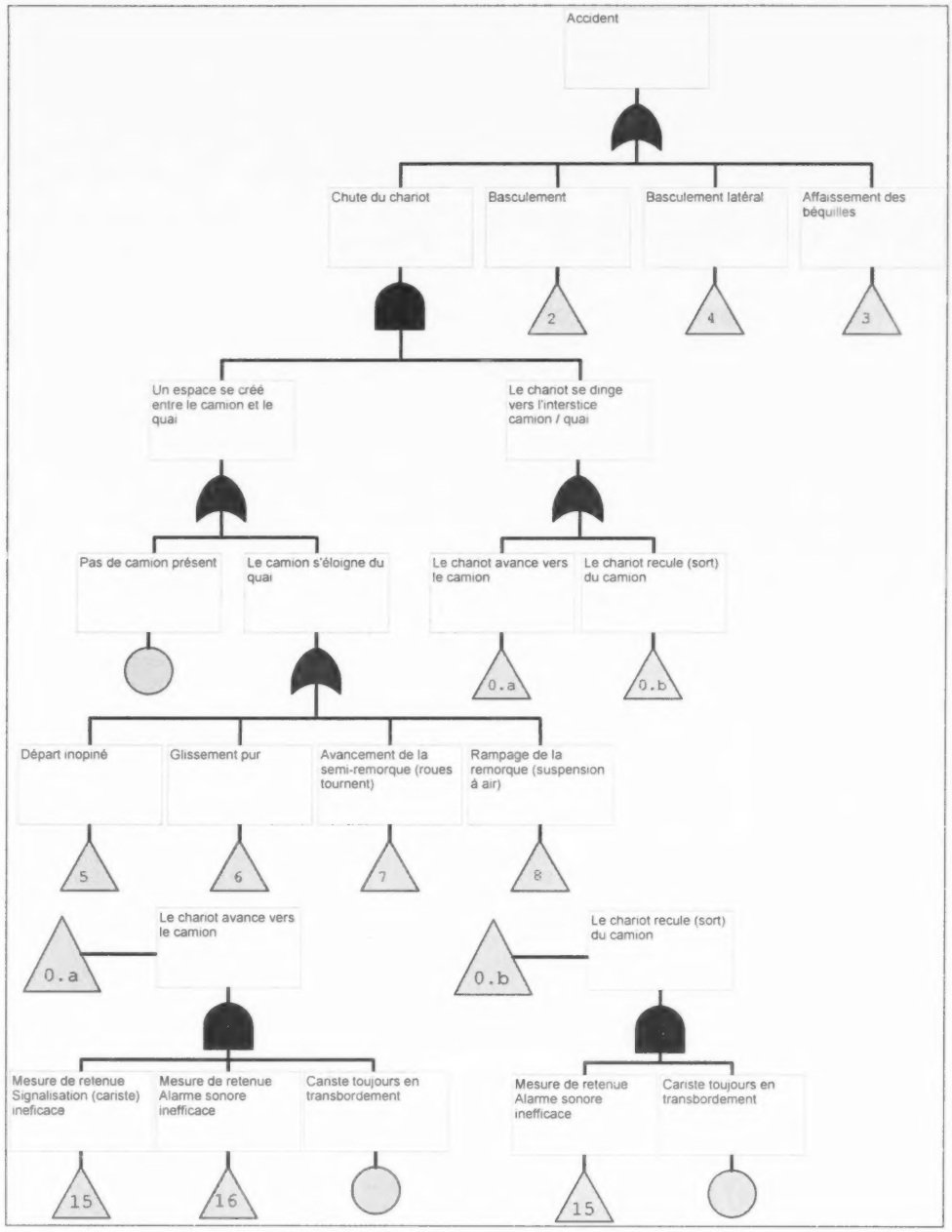


Figure 1. Sommet de l'arbre

2 Basculement

On parle de basculement de la semi-remorque lorsque celle-ci pivote autour de ses béquilles. Cet événement se produit lorsque le centre de gravité combiné du chariot élévateur, des marchandises et de la semi-remorque se retrouve à l'avant des béquilles. À noter que lorsque le chariot freine brusquement à l'intérieur de la semi-remorque, la force générée pourrait également entraîner un basculement même si le centre de gravité n'est pas à l'avant des béquilles.

Souvent, un début de basculement se transforme en affaissement des béquilles. Bien que le problème apparaisse alors comme étant la faiblesse des béquilles, il est fort probable qu'il s'agisse d'un début de basculement. Les béquilles n'étant pas conçues pour supporter le poids total de la semi-remorque en flexion, il est possible qu'elles cèdent lors d'un début de basculement. Le problème n'est alors pas la faiblesse des béquilles, mais le basculement de la semi-remorque.

La figure figure 2 schématise l'arbre du basculement. Comme on le constate, quatre facteurs influencent la probabilité d'un basculement, soit la vitesse du chariot, la masse du chariot, l'inclinaison de la cour et la longueur de la semi-remorque. Quelques mesures de retenue peuvent cependant empêcher le basculement ou du moins en diminuer les probabilités. Ces mesures sont : la chandelle, la procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque, la présence du tracteur et certains modèles de dispositif de retenue de la barre anti-encastrement. En effet, seuls les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement possédant un recouvrement de la barre anti-encastrement peuvent empêcher le basculement et leur efficacité peut être limités selon les modèles. À noter qu'aucun dispositif de signalisation ne peut aider à prévenir le basculement.

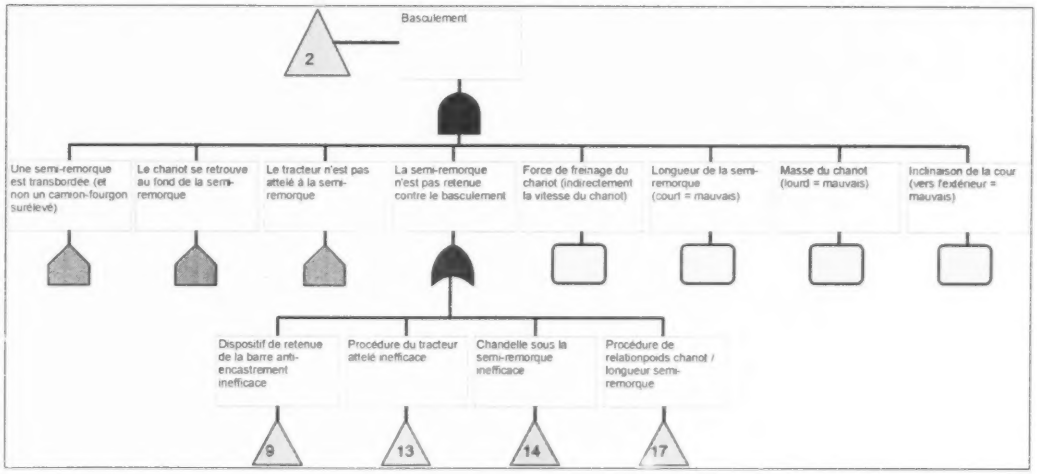


Figure 2. Basculement

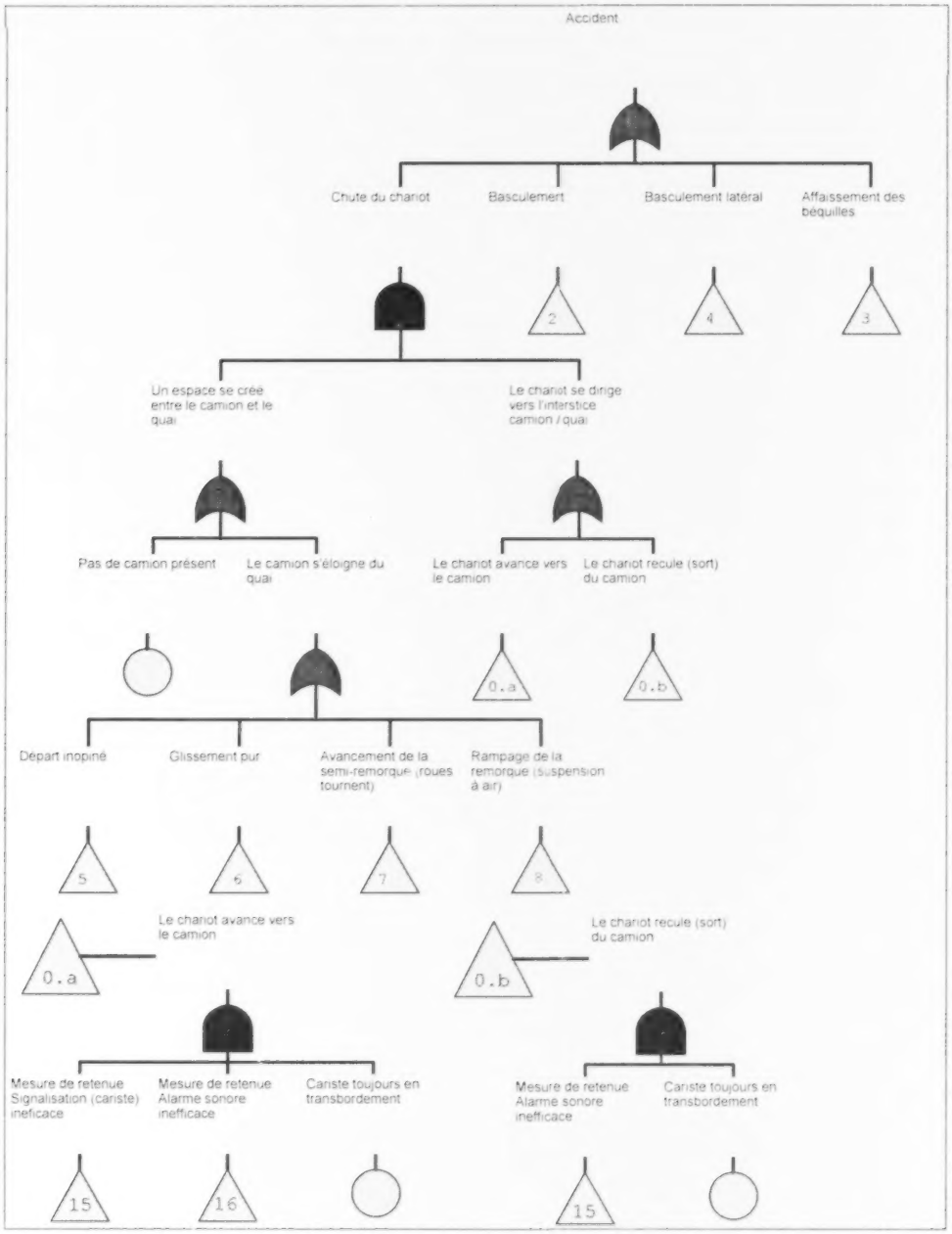


Figure 1. Sommet de l'arbre

2 Basculement

On parle de basculement de la semi-remorque lorsque celle-ci pivote autour de ses béquilles. Cet événement se produit lorsque le centre de gravité combiné du chariot élévateur, des marchandises et de la semi-remorque se retrouve à l'avant des béquilles. À noter que lorsque le chariot freine brusquement à l'intérieur de la semi-remorque, la force générée pourrait également entraîner un basculement même si le centre de gravité n'est pas à l'avant des béquilles.

Souvent, un début de basculement se transforme en affaissement des béquilles. Bien que le problème apparaisse alors comme étant la faiblesse des béquilles, il est fort probable qu'il s'agisse d'un début de basculement. Les béquilles n'étant pas conçues pour supporter le poids total de la semi-remorque en flexion, il est possible qu'elles cèdent lors d'un début de basculement. Le problème n'est alors pas la faiblesse des béquilles, mais le basculement de la semi-remorque.

La figure figure 2 schématise l'arbre du basculement. Comme on le constate, quatre facteurs influencent la probabilité d'un basculement, soit la vitesse du chariot, la masse du chariot, l'inclinaison de la cour et la longueur de la semi-remorque. Quelques mesures de retenue peuvent cependant empêcher le basculement ou du moins en diminuer les probabilités. Ces mesures sont : la chandelle, la procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque, la présence du tracteur et certains modèles de dispositif de retenue de la barre anti-encastrement. En effet, seuls les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement possédant un recouvrement de la barre anti-encastrement peuvent empêcher le basculement et leur efficacité peut être limités selon les modèles. À noter qu'aucun dispositif de signalisation ne peut aider à prévenir le basculement.

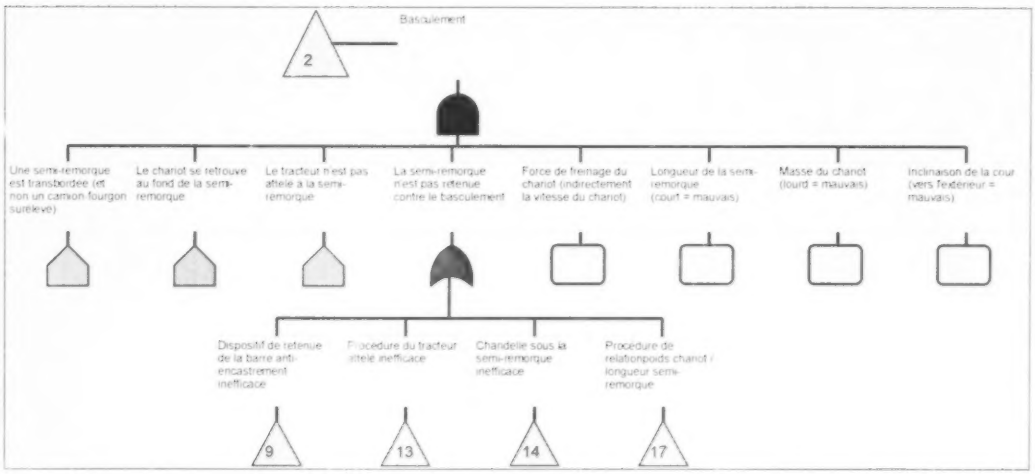


Figure 2. Basculement

3 Affaissement des béquilles

L'affaissement des béquilles se produit lorsque la force appliquée sur les béquilles est supérieure à ce qu'elles peuvent supporter. Deux facteurs peuvent être la cause d'un affaissement soit les forces générées lors d'un glissement et les forces générées lors d'un basculement. Les deux sont semblables mais peuvent s'expliquer différemment. L'avancement des roues (glissement ou roulement) est à l'origine de l'affaissement dû au glissement. Comme les béquilles ne glissent pas comme les roues, elles subissent tout l'effort de glissement, ce qui induit une force de flexion trop grande pour certaines béquilles. Il est de même pour l'affaissement dû au basculement, sauf que dans ce cas les roues ne glissent pas mais s'élèvent (début de basculement). Des efforts de flexion importants se retrouve donc au point de fixation des béquilles. L'arbre de l'affaissement de la figure 3 fait référence aux méthodes de retenues sans les distinguer, les mesures efficaces contre cet événement dangereux dépendent de la nature des forces s'appliquant sur les béquilles.

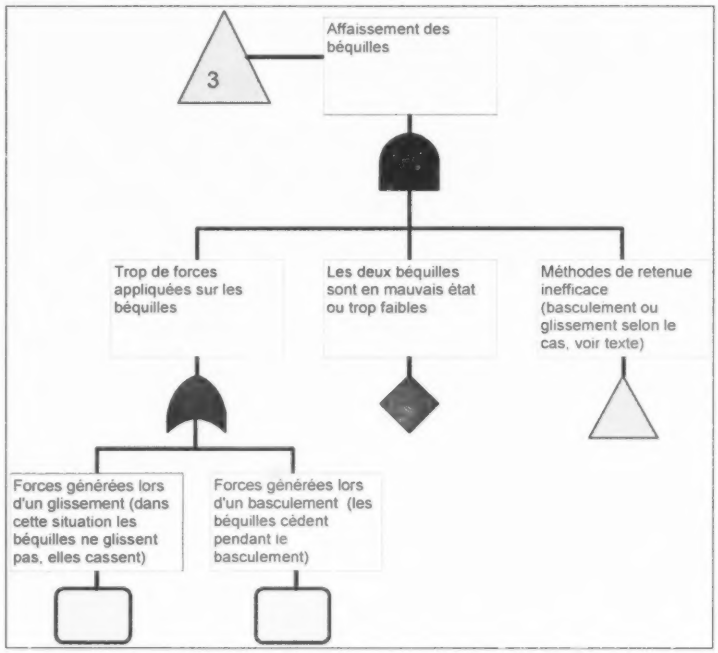


Figure 3. Affaissement des béquilles

4 Basculement latéral

La situation de basculement latéral (figure 4) est identique à l'événement dangereux d'affaissement des béquilles à l'exception qu'une seule des deux béquilles cède. La semi-remorque, supportée uniquement par trois points, peut basculer de coté.

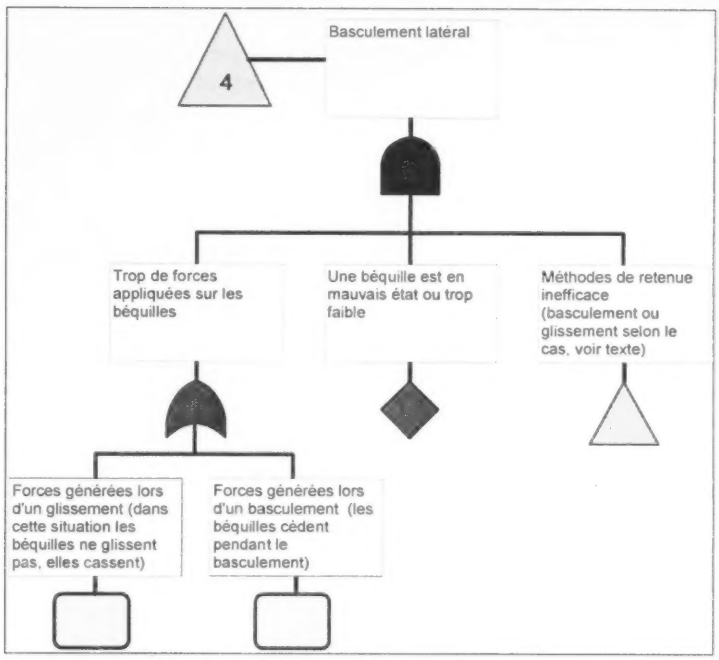


Figure 4. Basculement latéral

5 Départ inopiné

La figure 5 schématise les causes pouvant être à la source d'un départ inopiné. Lorsque le camionneur quitte le quai alors qu'il ne le devrait pas, il s'est produit au moins une erreur humaine. Un dispositif de retenue peut intervenir à cette étape pour bloquer la propagation de l'erreur, ce détail est traité plus loin. Un autre dispositif pouvant arrêter le camionneur de commettre une erreur est le système de signalisation. S'il est fonctionnel, le camionneur peut réaliser qu'il ne doit pas partir, mais ceci implique qu'il doit premièrement regarder l'indicateur lumineux (ou autre dispositif de signalisation) puis en tenir compte. L'efficacité du système de signalisation est traitée plus loin. Quant au camionneur qui ignore ou ne regarde pas la signalisation, la négligence ou l'erreur sont alors les deux causes possibles. Une défaillance à répétition du système de signalisation peut cependant porter un camionneur habitué à cette situation à ignorer un signal de non départ.

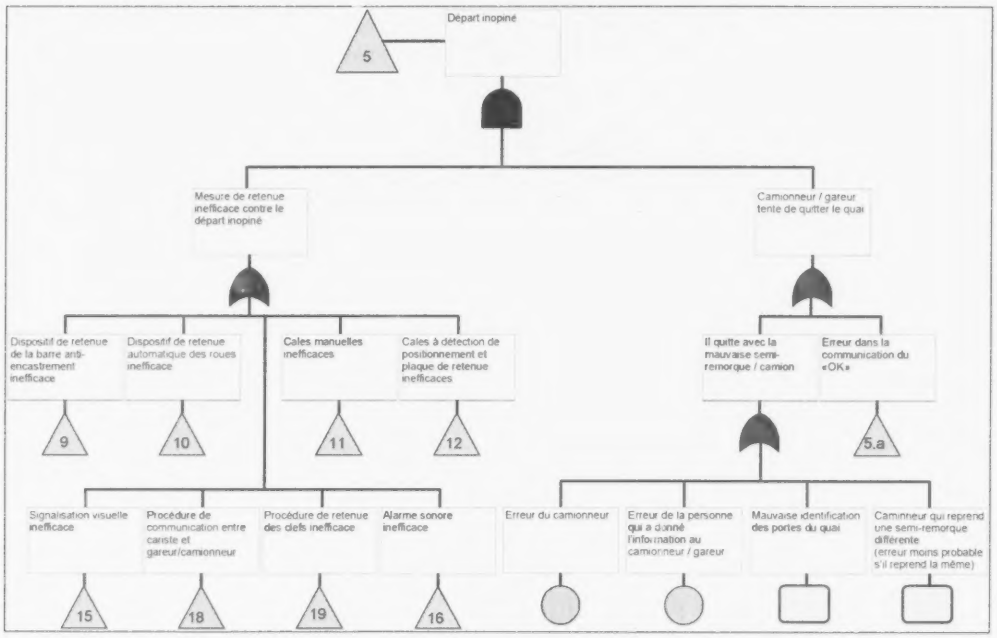


Figure 5. Départ inopiné

5.1 Erreur dans la communication du signal de départ (« OK »)

Un point important à noter à l'arbre présenté à la figure 6 est le nombre de facteurs contributifs pouvant influencer la probabilité d'une erreur de communication. Le facteur principal pouvant nuire à la bonne démarche du transbordement est bien sûr la confusion et le chaos. Ceci peut très facilement rendre les communications très difficiles et les procédures formelles (si elles existent) risquent de ne pas être appliquées avec rigueur si le chaos règne au quai. Il est donc facile de constater que le facteur humain a un rôle très important à jouer pour ce qui est du départ inopiné.

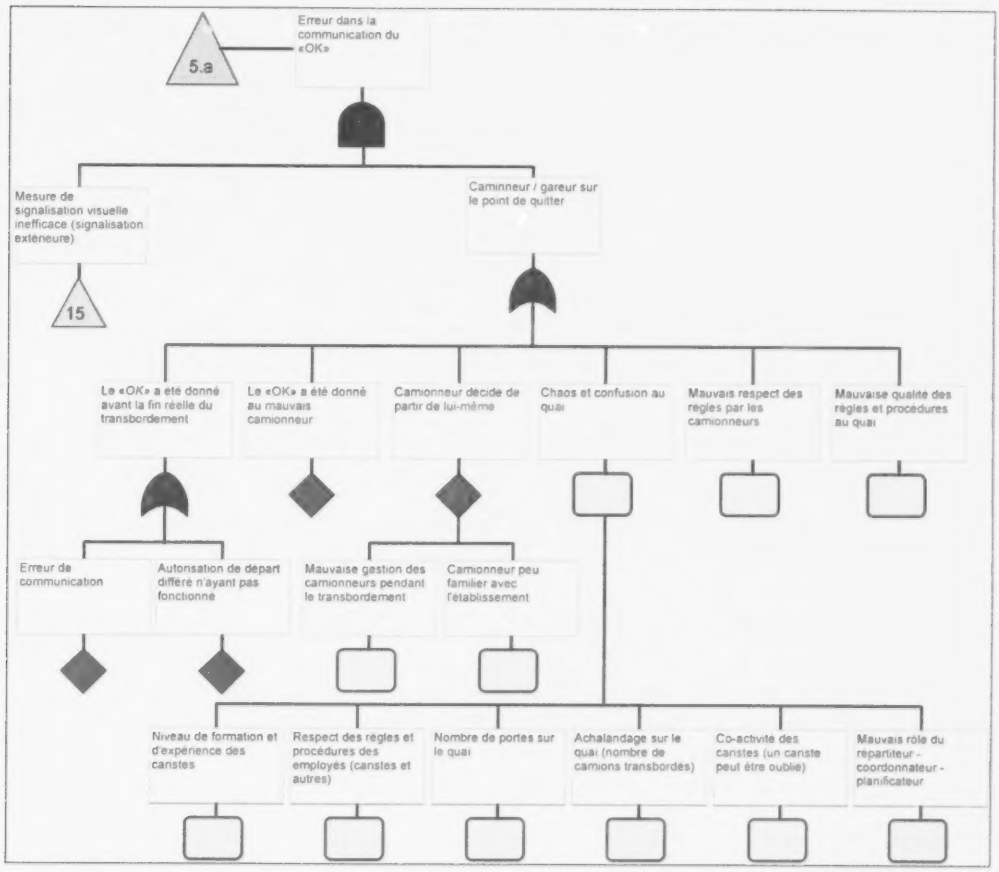


Figure 6. Départ inopiné : erreur dans la communication du signal de départ

6 Glissement pur

Le glissement se produit lorsque l'inertie du chariot élévateur est retransmise à la semi-remorque lors du freinage et que cette force excède la force de friction maximale entre la chaussée et les roues et les béquilles. Bien sur, si un dispositif de retenue est présent, celui-ci peut retenir la semi-remorque. Ce facteur est évalué plus en détail dans les sections suivantes.

La figure 7 présente l'arbre des fautes du glissement. Plusieurs facteurs ont une influence sur le glissement. Le poids du chariot a une influence non négligeable sur la probabilité de glissement, bien que cette influence soit moindre que pour les autres paramètres. La pente de la cour est un autre facteur pouvant augmenter sensiblement la probabilité de glissement. La vitesse du chariot, ou plus exactement la force avec laquelle le cariste freine a un impact majeur. Enfin, l'état de la chaussée a l'impact le plus important : une chaussée glacée est très à

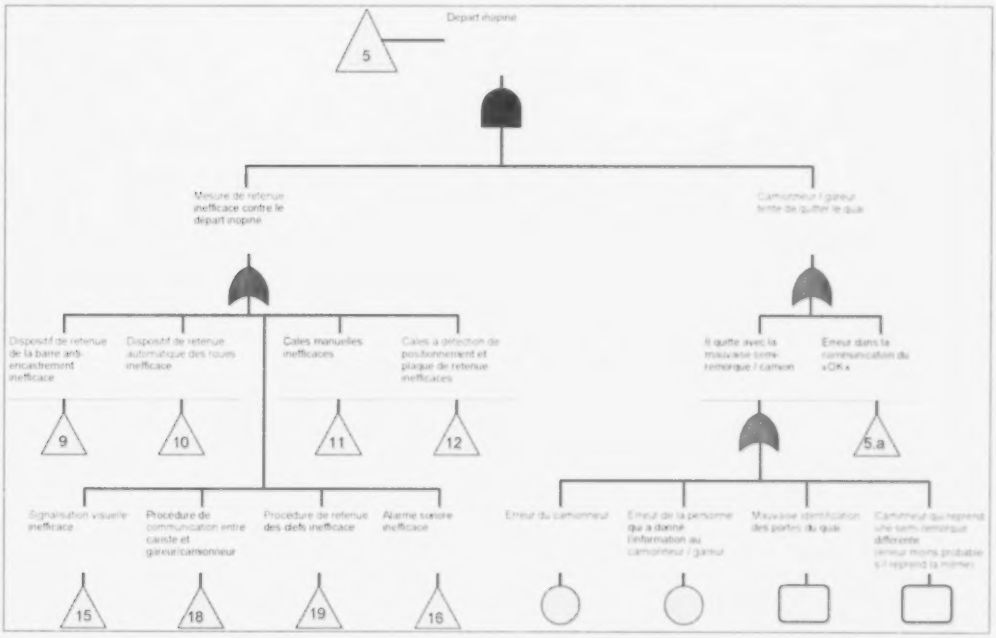


Figure 5. Départ inopiné

5.1 Erreur dans la communication du signal de départ (« OK »)

Un point important à noter à l'arbre présenté à la figure 6 est le nombre de facteurs contributifs pouvant influencer la probabilité d'une erreur de communication. Le facteur principal pouvant nuire à la bonne démarche du transbordement est bien sûr la confusion et le chaos. Ceci peut très facilement rendre les communications très difficiles et les procédures formelles (si elles existent) risquent de ne pas être appliquées avec rigueur si le chaos règne au quai. Il est donc facile de constater que le facteur humain a un rôle très important à jouer pour ce qui est du départ inopiné.

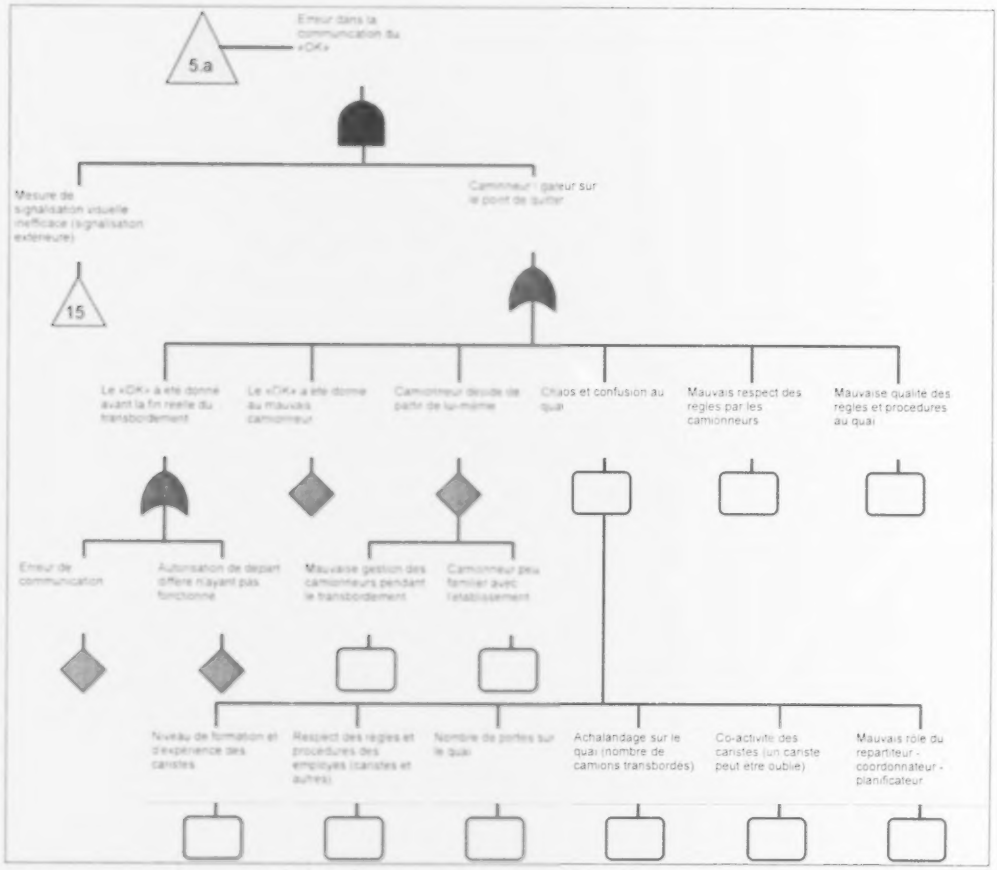


Figure 6. Départ inopiné : erreur dans la communication du signal de départ

6 Glissement pur

Le glissement se produit lorsque l'inertie du chariot élévateur est retransmise à la semi-remorque lors du freinage et que cette force excède la force de friction maximale entre la chaussée et les roues et les béquilles. Bien sur, si un dispositif de retenue est présent, celui-ci peut retenir la semi-remorque. Ce facteur est évalué plus en détail dans les sections suivantes.

La figure 7 présente l'arbre des fautes du glissement. Plusieurs facteurs ont une influence sur le glissement. Le poids du chariot a une influence non négligeable sur la probabilité de glissement, bien que cette influence soit moindre que pour les autres paramètres. La pente de la cour est un autre facteur pouvant augmenter sensiblement la probabilité de glissement. La vitesse du chariot, ou plus exactement la force avec laquelle le cariste freine a un impact majeur. Enfin, l'état de la chaussée a l'impact le plus important : une chaussée glacée est très à

risque alors qu'une chaussée asphaltée propre et sèche ne pose généralement pas de problème.

Il a été évalué que le glissement ne se produisait généralement que si le tracteur n'était pas attelé sur la semi-remorque, celui-ci offrant une force de friction suffisante pour empêcher pratiquement tout glissement. De plus, pour qu'il y ait glissement, les freins de la semi-remorque doivent être serrés, sinon la situation est celle d'avancement de la semi-remorque, dont il sera question à la prochaine section.

Le «*ski slope*» est un terme désignant une augmentation de la force induite par le chariot lorsque celui-ci descend dans la semi-remorque. Lorsque le chariot descend brusquement entre le niveau de l'entrepôt et le niveau de la semi-remorque, l'impact produit une force qui peut contribuer à faire glisser la semi-remorque.

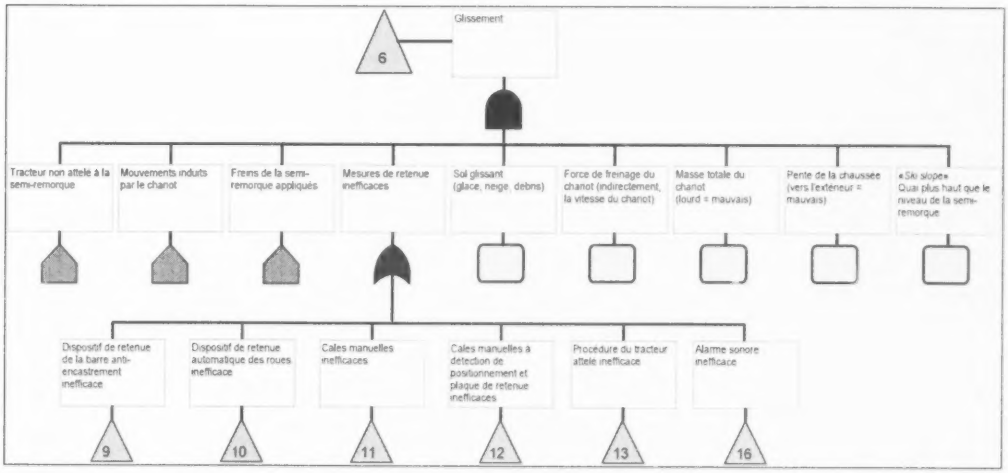


Figure 7. Glissement

7 Avancement de la semi-remorque

La situation d'avancement de la semi-remorque (figure 8) se produit lorsque les mêmes conditions que le glissement sont présentes, mais qu'au lieu de glisser, les roues de la semi-remorque tourne. Cette situation se produit lorsque les freins de la semi-remorque n'ont pas été serrés, ou bien lorsqu'il y a défaillance des freins ou du système hydraulique de freinage. Les facteurs influençant le glissement s'appliquent au risque d'avancement de façon similaire sauf pour l'état de la chaussée, qui perd son importance.

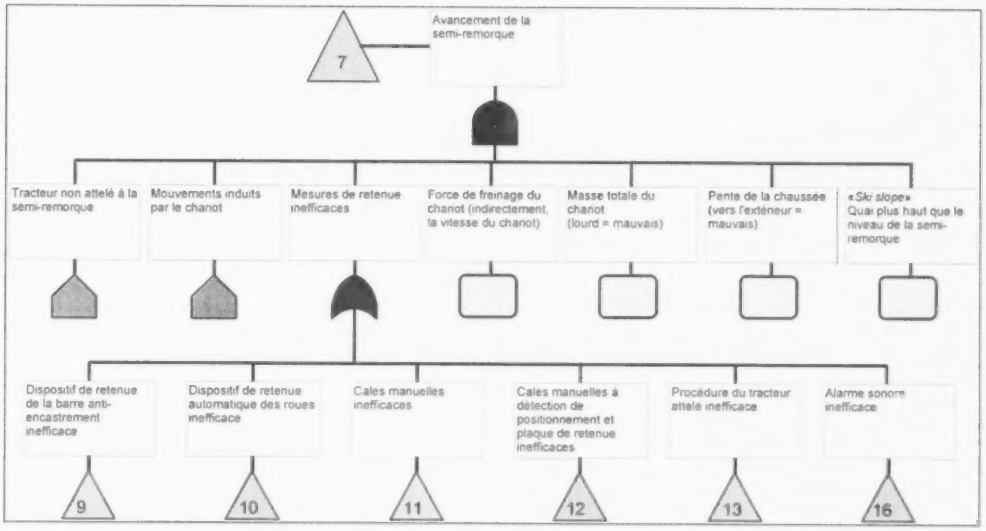


Figure 8. Avancement de la semi-remorque

8 Rampage de la semi-remorque

Le rampage (aussi connu sous le nom de *jog* en anglais, glissement furtif ou avancement par à coups) se produit lorsque les semi-remorques sont équipées d'un système de suspension à air. Il peut y avoir effectivement un risque d'avancement de la semi-remorque si la suspension à air a toujours la capacité d'osciller sous une charge. L'arbre des fautes qui décrit cet événement est illustré à la figure 9. Les facteurs contribuant à amplifier le problème sont semblables à ceux du glissement, soit la charge du chariot et de sa marchandise, la nature et l'état de la chaussée et l'inclinaison de la cour. La vitesse n'influence pas ce type d'événement car la force causant le glissement n'est pas généré par l'énergie cinétique du chariot, mais bien par l'énergie élastique de la suspension. La longueur de la semi-remorque influence aussi sensiblement : si la semi-remorque est courte et que le chariot s'avance au fond, la charge sur les pneus de la semi-remorque est beaucoup plus faible, rendant le glissement plus facile.

Les mesures ayant un effet contre ce type de situation sont les mêmes que pour le glissement pur, soit les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, les dispositifs automatiques de retenue des roues et les cales de roues à plaque de retenue.

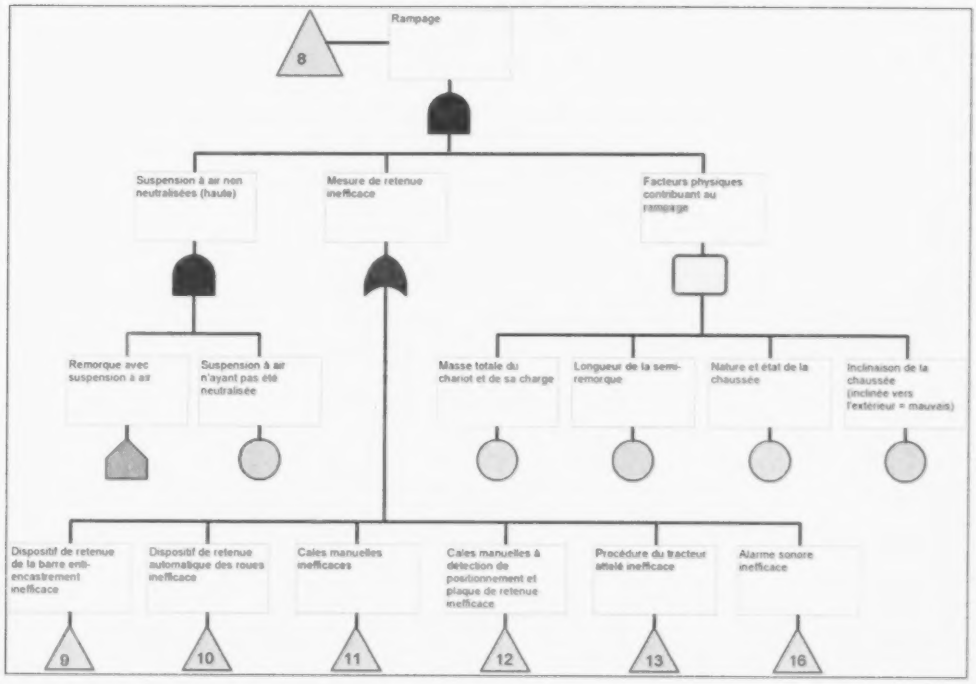


Figure 9. Rampage de la semi-remorque

9 Dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement

Bien que la défaillance d'un élément d'un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement se retrouve à plusieurs endroits dans l'arbre (figure 10), les probabilités d'occurrence d'une de ces défaillances sont relativement faibles. Certains paramètres physiques liés à l'installation ou à l'environnement de travail ont un impact beaucoup plus prononcé, entre autres la glace qui coince les mouvements, la résistance du béton et des ancrages qui retiennent le dispositif en place ou la configuration des semi-remorques se présentant au quai.

Plusieurs facteurs peuvent également court-circuiter cette mesure de retenue, particulièrement la barre anti-encastrement, si par exemple celle-ci elle est absente ou si sa résistance mécanique est trop faible pour supporter la charge d'un départ inopiné. L'erreur humaine est également un événement suffisant pour rendre le dispositif inefficace, par exemple si l'opérateur ne positionne pas le dispositif ou si quelqu'un le désactive avant la fin du transbordement.

Un des facteurs les plus fréquents à avoir entraîné la défaillance d'un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement est la défaillance de la barre elle-même. Il arrive en effet fréquemment que celle-ci cède lors d'un départ inopiné. Un autre problème qui n'apparaît pas sur cet arbre (mais qui est visible sur l'arbre global) est le fait que si une barre anti-encastrement est déformée au point où elle ne peut plus être accrochée, le système de signalisation peut détecter sa présence et envoyer le signal d'une situation sécuritaire alors que ce n'est pas le cas. Une situation similaire se présente lorsque le dispositif de retenue détecte son propre

positionnement et non la présence de la semi-remorque ou de la barre anti-encastrement. Le système de signalisation peut alors envoyer le message que la situation est sécuritaire même si la semi-remorque n'a pas de barre anti-encastrement : le crochet peut être bien positionné, mais qu'il n'y a pas de barre anti-encastrement à accrocher.

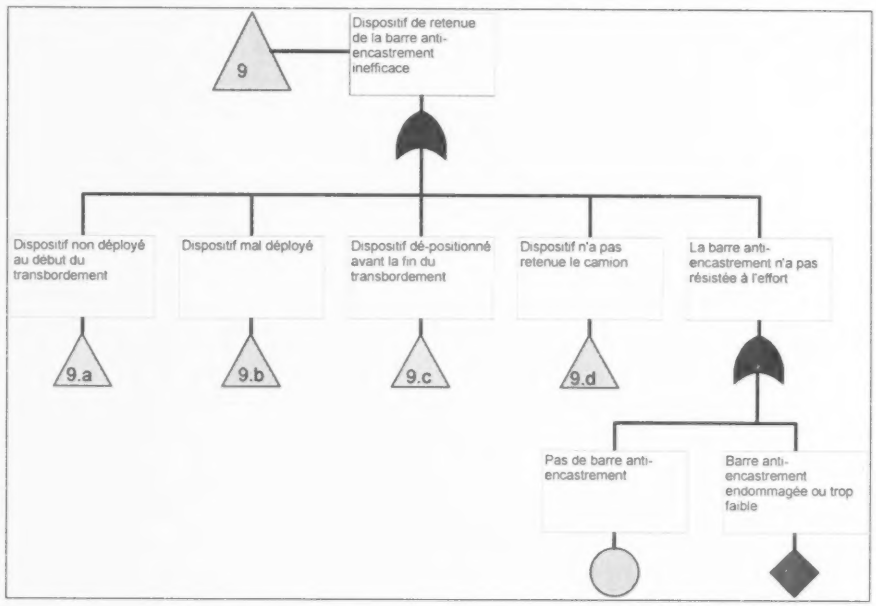


Figure 10. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement

L'arbre de la figure 11 représente une partie de l'arbre de la mesure de retenue, soit lorsque le dispositif n'est pas déployé au début.

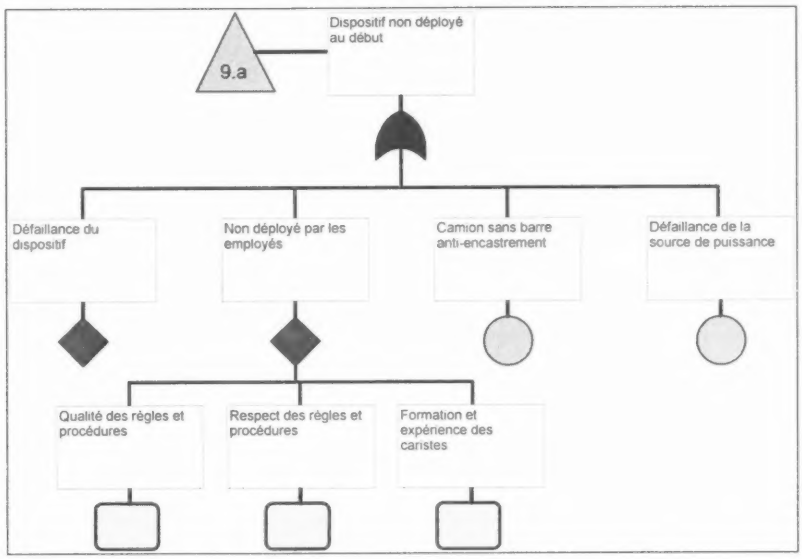


Figure 11. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, non déployé

Lorsque le dispositif est ne s'est pas déployé correctement (figure 12), il peut tout de même envoyer le message au contrôleur qu'il est bien déployé. Cette situation devient particulièrement dangereuse car la signalisation qui généralement vient de pair avec le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement reflète un mauvais état du dispositif. Un blocage mécanique peut souvent être causé par de la glace qui fige le mécanisme en place ou un manque de lubrification dû à une maintenance inappropriée. Il est également possible que le dispositif soit déployé sans toutefois s'accrocher à la barre. Les capteurs peuvent détecter autre chose que la barre anti-encastrement (un morceau de glace, un débris ou une pièce sous le camion) et arrêter prématurément le positionnement du crochet.

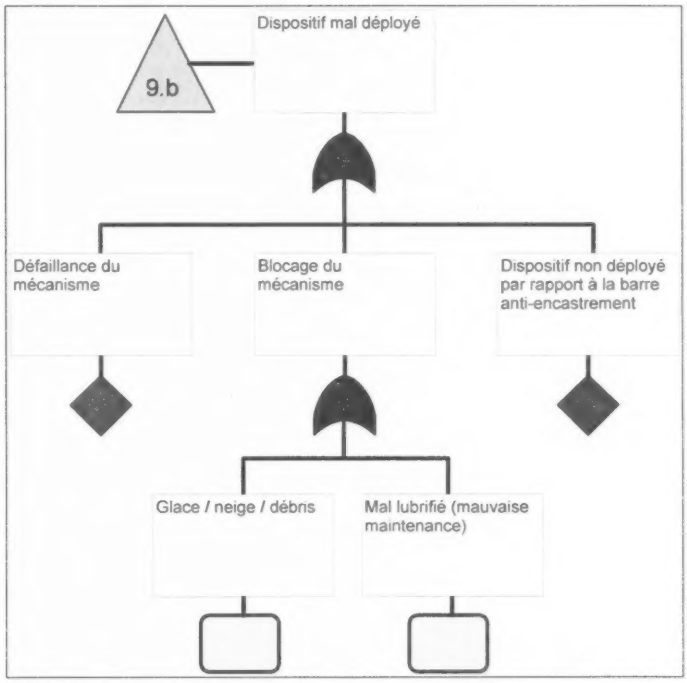


Figure 12. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, mal déployé

Le dispositif peut également devenir inefficace s'il se désengage pendant l'opération de transbordement (figure 16). La défaillance du système est assez rare comparée aux autres causes. Du coté des erreurs humaines, les caristes peuvent désengager le dispositif avant la fin soit par erreur, soit volontairement. L'erreur peut avoir comme causes les mêmes que pour la communication erronée du OK du départ du camion. Les cas étant très différents entre chaque établissement, il est impossible de cibler les raisons avec précision mais il est possible de repérer certains facteurs contributifs. Du coté du camionneur, celui-ci peut également désengager le dispositif. Les scénarios pouvant expliquer ce phénomène sont multiples et ici encore certains facteurs contributifs peuvent être communs à la plupart de ces scénarios.

Un autre événement pouvant être à la source du dépositionnement du dispositif est un décrochage de la barre anti-encastrement. Il y a alors deux possibilités, soit la barre «saute» par-dessus le dispositif, soit la barre fait se rétracter le dispositif. Ce dernier cas est plutôt rare et ne peut se produire que sur certains modèles et dans des conditions particulières. Le cas du saut de la barre anti-encastrement est cependant plus fréquent. Les événements s'enchaînent comme suit : le chariot élévateur entre dans la semi-remorque et écrase la suspension. La semi-remorque (et donc la barre anti-encastrement) descend donc de quelques centimètres si la suspension n'est pas neutralisée. Certains dispositifs suivent ces mouvements verticaux de la barre anti-encastrement, ceux-ci descendent donc avec la barre. Il y a ensuite deux possibilités. Dans la première, le dispositif descend avec la barre (figure 13b), mais une fois que la barre a terminé sa descente l'inertie du dispositif fait qu'il descend encore un peu (figure 13c).

S'il descend de plus que la hauteur de contact de la barre anti-encastrement, il est possible que celle-ci passe par-dessus le dispositif. Dans la deuxième, comme le montre la figure 14, le dispositif descend et s'arrête avec la barre anti-encastrement, mais lorsque celle-ci remonte, le dispositif n'est pas assez rapide et la barre anti-encastrement peut s'éloigner du crochet. Une fois de plus, si cet éloignement est plus grand que la hauteur de contact, il y a une forte probabilité que la barre anti-encastrement avance au-dessus du crochet. Outre un défaut de conception, une mauvaise maintenance (lubrification) ou un bris peuvent être à la source de ces événements.

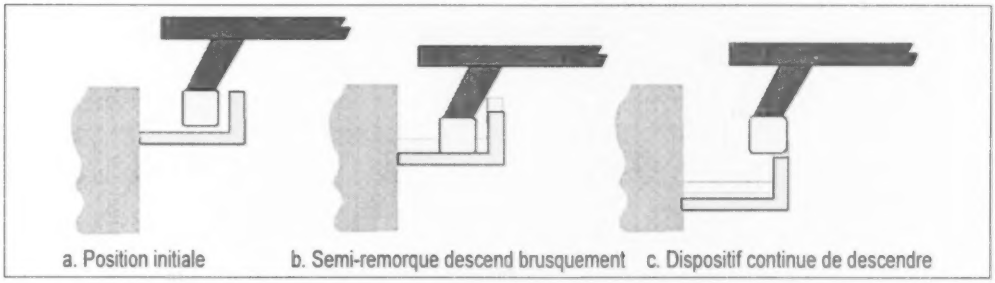


Figure 13. Décrochage de la barre anti-encastrement par un coup

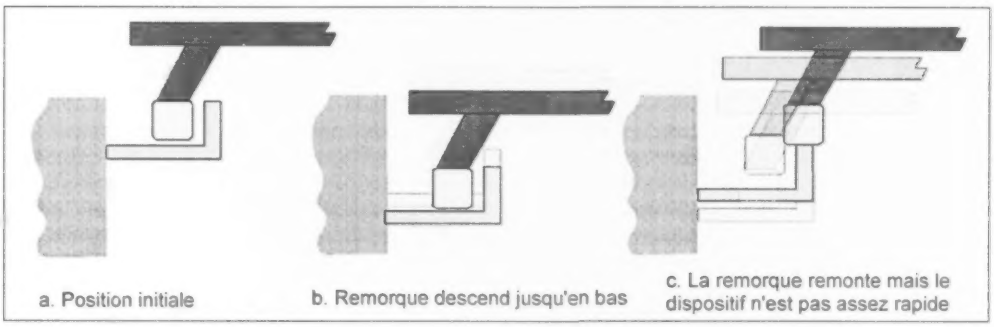


Figure 14. Décrochage de la barre anti-encastrement par un mouvement de suivi trop lent du dispositif

L'angle de contact peut également jouer en défaveur de certains dispositifs à faible hauteur de contact. Comme le montre la figure 15, une pente de la cour vers l'extérieur peut inciter certains dispositifs à descendre lorsque la semi-remorque tire sur le dispositif. À noter que ceci peut se produire uniquement si le dispositif n'a pas de recouvrement et est plus probable de se produire si la hauteur de contact est faible. La forme de la barre anti-encastrement peut également influencer le décrochage : une barre de section ronde sera plus facile à décrocher qu'une barre de section carrée.

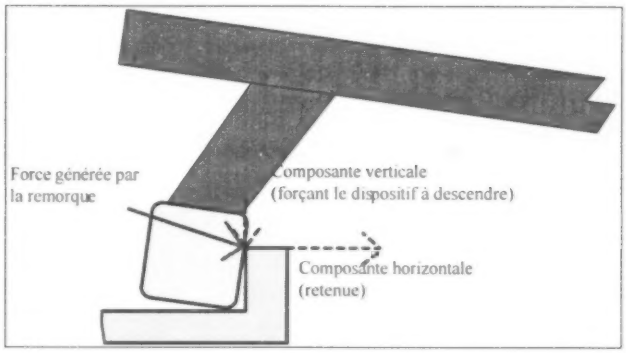


Figure 15. Angle de contact vers l'extérieur

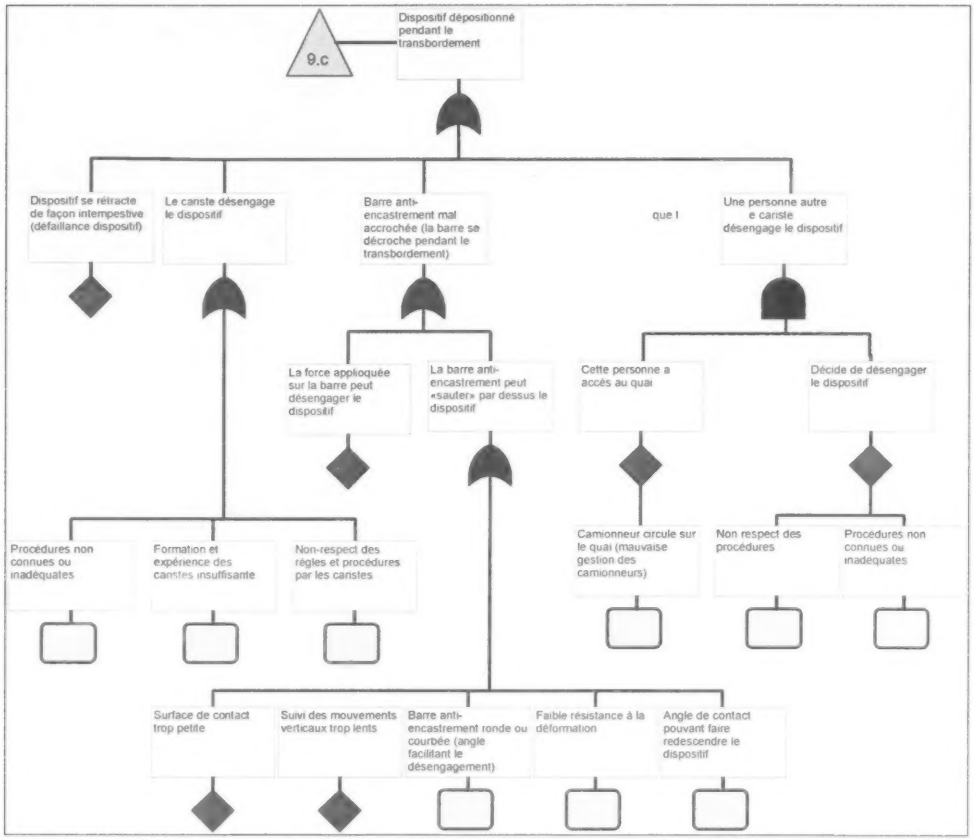


Figure 16. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, dé positionné pendant l'opération

Les raisons pour lesquelles un dispositif de retenue ne résiste pas à la traction du camion sont listées à la figure 17. La distance entre la barre anti-encastrement et le dispositif peut jouer un rôle amplificateur dans cette situation. En effet, la distance que peut parcourir le camion (donc la barre anti-encastrement) avant de faire contact avec le dispositif de retenue permet au camion de gagner en inertie, ce qui augmente l'énergie à absorber par le dispositif et par la barre anti-encastrement.

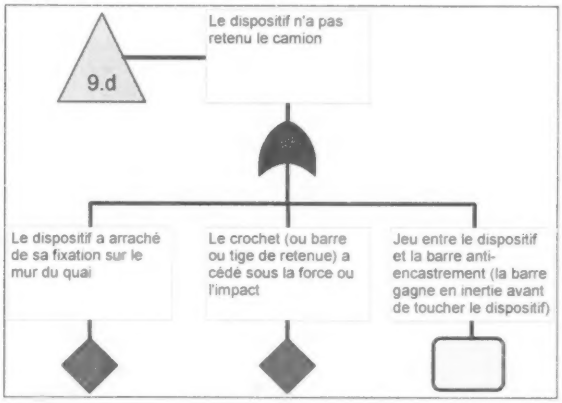


Figure 17. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, n'a pas retenu le camion

En plus du départ inopiné et du glissement, certains modèles de dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement ont la possibilité de retenir en cas de basculement (figure 18). Dans ce cas, seuls les dispositifs munis d'un recouvrement peuvent prétendre avoir un impact. Le recouvrement doit être capable de suivre le mouvement vertical de la barre jusqu'à un point critique où il empêche la barre de remonter plus haut. Généralement, le dispositif bloque sur une butée. Une fois bloquée, la semi-remorque peut retourner à sa position normale. À noter qu'aucun dispositif recensé ne pouvait empêcher les roues arrières de s'élever, il y aura donc un incident mais le dispositif peut empêcher l'accident.

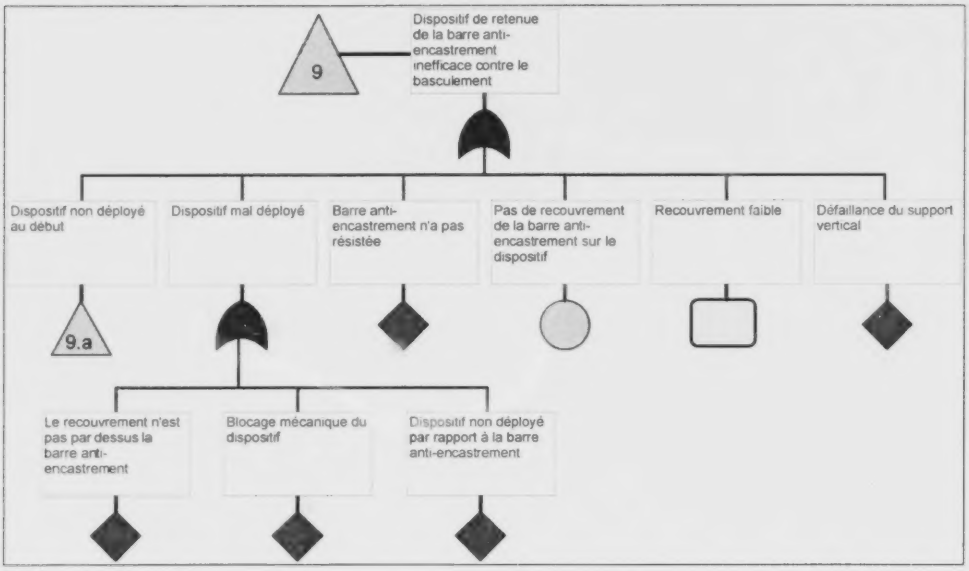


Figure 18. Mesure: dispositif de retenue de la barre anti-encastrement, mesure inefficace contre le basculement

10 Dispositifs de retenue des roues automatiques

Cette catégorie de dispositif n'a pas été recensée au Québec au cours de la recherche. Cependant il est possible que certaines entreprises puissent être intéressées par ce genre de dispositifs. La figure 19 montre que l'événement de ne pas retenir le camion peut être expliqué par un bris d'une pièce quelconque ou d'un défaut de conception.

La présence de neige et de glace peut avoir des conséquences négatives sur l'efficacité de ce genre de dispositif s'ils sont utilisés à l'extérieur. En effet, la hauteur de la barre de retenue a une influence sur l'efficacité du dispositif et si la neige s'accumule, les roues du camion se trouvent remontées et la hauteur relative de la barre de retenue diminue. Il est également envisageable que la présence de neige et de glace puisse bloquer le mécanisme de certains dispositifs ou du moins entraver les mouvements. Cette dernière information n'a cependant pas pu être confirmée.

Le déneigement peut également causer certains problèmes en fonction du type de dispositif et du type de déneigement utilisé par l'établissement. Certains dispositifs sont situés sous le sol et ne laissent paraître aucune saillies, mais ceux à rails opposent un obstacle qui peut être difficile à contourner pour certains équipements de déneigement.

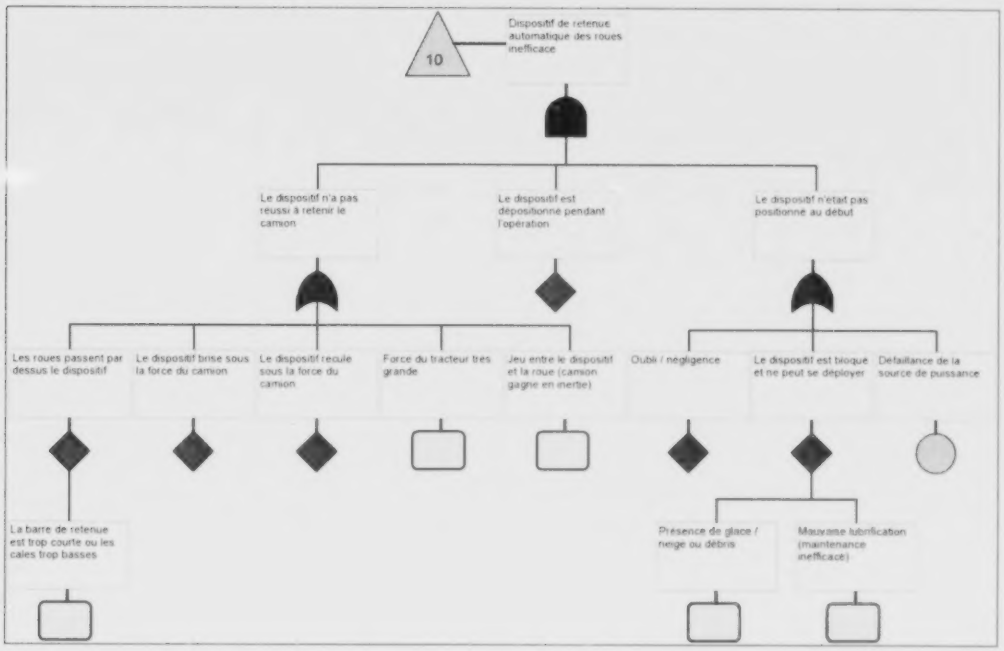


Figure 19. Mesure : dispositif de retenue automatique des roues

De façon similaire aux dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, le facteur humain est une des causes du mauvais fonctionnement de la mesure de retenue. Le dispositif requière une opération (appuyer sur un bouton) pour le mettre en fonction et pour le désengager. Si cette opération n'est pas effectuée ou si elle est effectuée au mauvais moment, le système n'est pas fonctionnel. La qualité des règles, leur respect et la formation des caristes peuvent en partie expliquer ce phénomène. Une autre possibilité de dépositionnement avant la fin de l'opération pourrait venir du camionneur ou d'une autre personne présente sur le quai.

Tout comme pour les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, s'il y a perte de puissance, le dispositif ne peut être déployé correctement. Cependant, la plupart des modèles restent engagés même en cas de perte de puissance.

11 Cales manuelles

Deux raisons principales sont à la source d'un échec de la mesure, si la cale n'est pas placée lorsqu'elle devrait l'être (non positionnée au début ou dé positionnée avant la fin) ou si elle ne retient pas le camion (figure 20). Les raisons pour lesquelles la cale ne retiendrait pas le camion ont été longuement discutées dans le rapport principal ainsi que dans le rapport sur les essais des cales (annexe I). Quant aux raisons pour lesquelles la cale ne serait pas positionnée une fois le camion reculé, plusieurs facteurs peuvent être rapportés. Les règles peuvent facilement être blâmées, si elles ne sont pas respectées ou si elles sont mal définies ou équivoques.

L'espace disponible entre les camions et également un facteur important. Si le camionneur (ou le cariste) ne peut se glisser aisément entre deux camions, cela peut l'inciter à négliger de positionner la cale. Le chemin à parcourir entre l'intérieur de l'entrepôt et l'endroit où doit être positionné la cale peut également inciter les gens à négliger de placer la cale s'il est trop long. Ce chemin représente la distance qu'aura à parcourir un camionneur arrivé à l'intérieur de l'usine à qui l'on rappelle qu'il doit placer la cale, ou encore au cariste qui décide de la placer lui-même. Dans cette dernière possibilité, le temps disponible au cariste serait un facteur non négligeable. De plus, le cariste doit prendre le temps de vérifier si la cale est bien positionnée et entreprendre les démarches nécessaires pour corriger la situation si besoin est, ce qui peut prendre un certain temps.

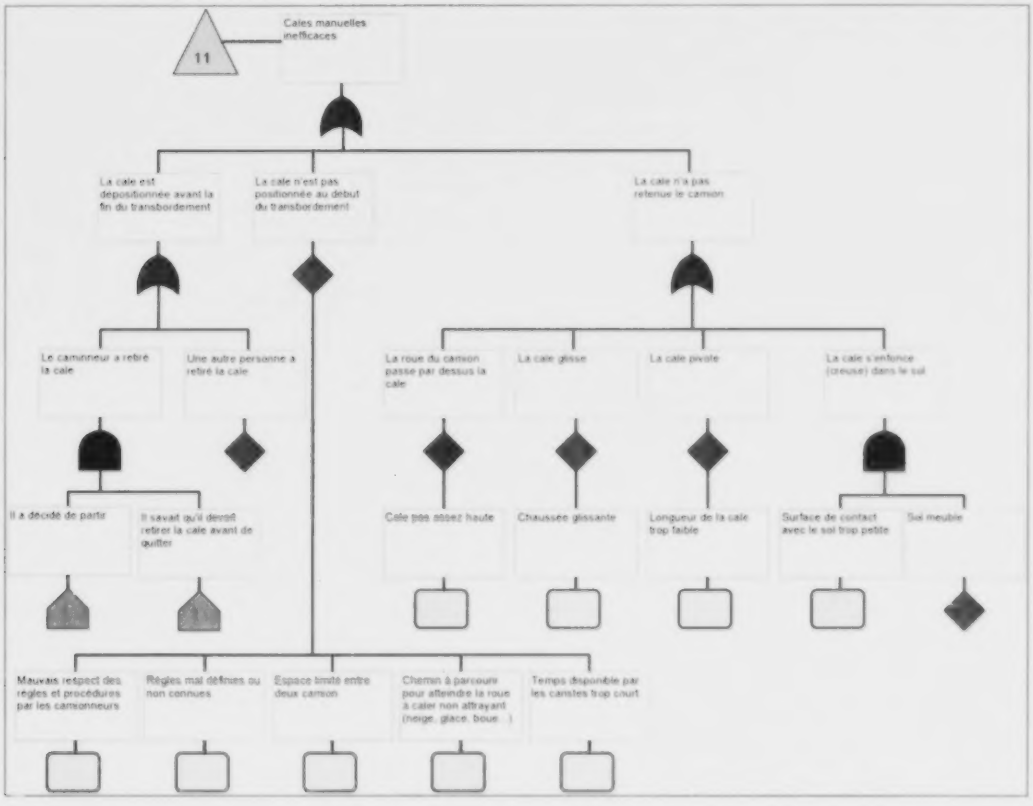


Figure 20. Mesure : cales manuelles

11.1 Cales manuelles et départ inopiné

La figure 21 schématise un arbre simplifié où il n'y aurait que des cales manuelles pour arrêter un départ inopiné. Pour qu'il y ait départ inopiné, le camionneur doit croire que c'est le temps pour lui de quitter. Cependant, ce même événement est généralement suffisant pour rendre les cales manuelles inefficaces puisque les camionneurs retirent les cales avant de quitter.

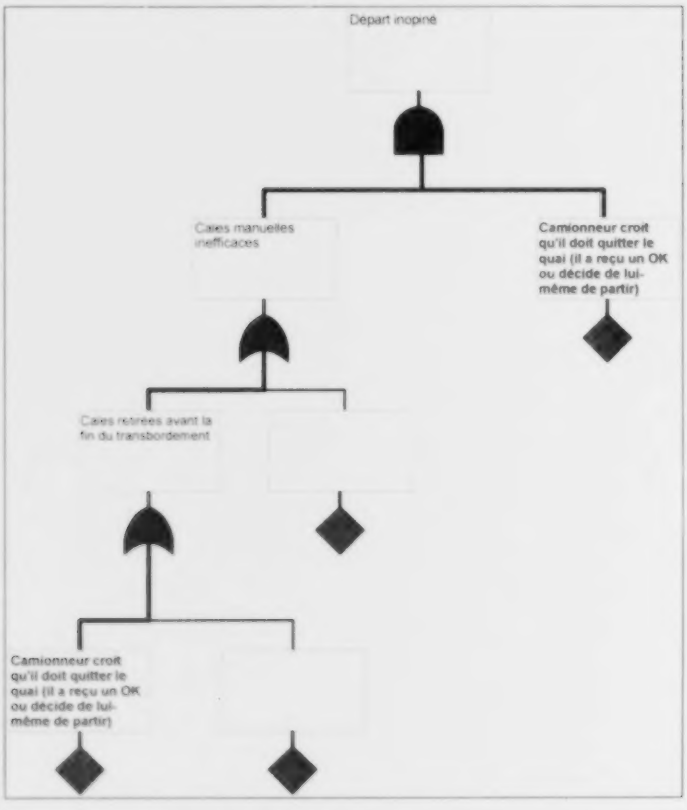


Figure 21. Inefficacité des cales contre le départ inopiné

12 Cales à détection de positionnement et plaque de retenue

Les cales manuelles à plaque de retenue sont des cales spéciales qui sont utilisées conjointement avec une plaque dentelée fixée au sol. La plaque dentelée sert à augmenter la force de retenue de la cale. Les dents offrent un obstacle physique contre le déplacement de la cale, la friction n'est alors plus ce qui retient la cale en place. De plus, un système de détection permet de déterminer si la cale est bien positionnée et renvoie l'information au cariste et au camionneur.

L'arbre de la cale manuelle à plaque dentelée de la figure 22 est semblable à celui des cales manuelles à deux exceptions, soit l'efficacité et la détection de positionnement. L'efficacité supérieure de ce type de cale ne se reflète pas dans la construction de l'arbre, mais plutôt par une probabilité plus faible de l'événement «La cale n'a pas retenue». Lorsque la cale est bien placée sur sa plaque, elle ne glissera pas comme les autres cales. De plus, toujours à cause de la plaque de retenue, le labour de la cale devient impossible car il n'y a plus de sol meuble dans lequel la cale peut s'enfoncer. Quant à la détection de positionnement, elle ajoute une sécurité supplémentaire (signalisation) pour éviter un dépositionnement intempestif de la cale ou un oubli de la positionner initialement.

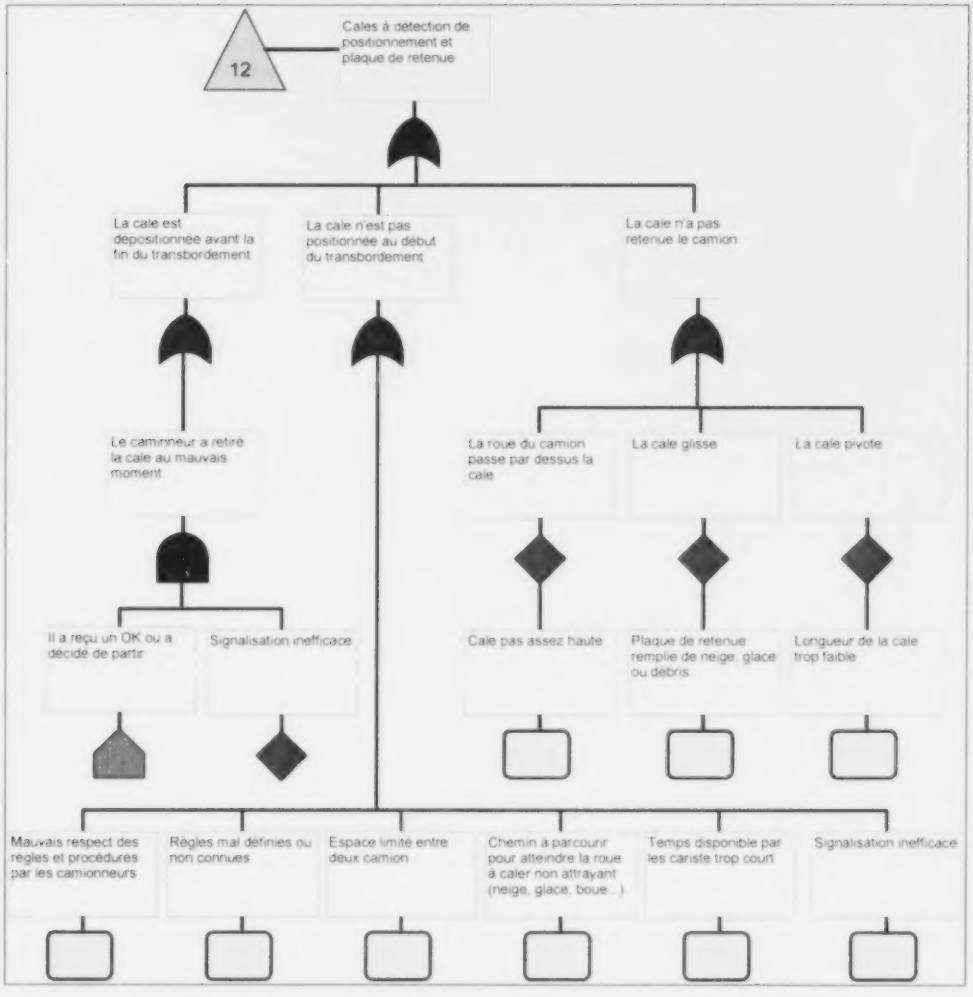


Figure 22. Mesure: cales à détection de positionnement et plaque de retenue

13 Tracteur attelé

La présence du tracteur attelé à la semi-remorque peut réduire la probabilité de deux événements dangereux, soit le glissement et le basculement. L'arbre de la procédure à la figure 23 se retrouve sous les deux événements. Il y a cependant une différence entre les deux : sous le basculement, la force de retenue n'est pas nécessaire et peut donc être abandonnée. Pour contrer le basculement la solution est parfaite, le tracteur élimine toute possibilité de renversement. Quant au glissement, les essais sur les cales ont démontré que la

présence du tracteur jouait un rôle majeur et que les semi-remorques ne glissant pas du tout lorsque le tracteur était présent, même si les freins n'étaient pas appliqués[1]. Il est cependant préférable d'engager les freins du tracteur puisque selon certaines personnes interrogées il y aurait déjà eu glissement alors que le tracteur était attelé et que ses freins n'étaient pas engagés.

Pour que cette mesure soit efficace, le tracteur doit être présent et les freins doivent être appliquée. Le respect des procédures par les camionneurs a donc une influence sur la mesure. La mesure ne peut être utilisée dans tous les établissements, elle doit être compatible avec les méthodes déjà en place pour être applicable. Par exemple, si les camionneurs arrivent avec une semi-remorque et doivent repartir avec une autre, il est impossible de garder le tracteur attelé à cette semi-remorque. De plus, si le temps requis pour transborder est très long, il se peut que de garder un tracteur «prisonnier» ne soit pas une solution favorable. Enfin, si les positionnements sont faits par un gareur, la procédure peut difficilement être appliquée.

Lorsque qu'un camion fourgon surélevé se présente au quai, la procédure peut être considérée comme appliquée puisqu'il n'y a plus de risque de basculement et que les freins du camion sont automatiquement appliqués si le camion est à l'arrêt.

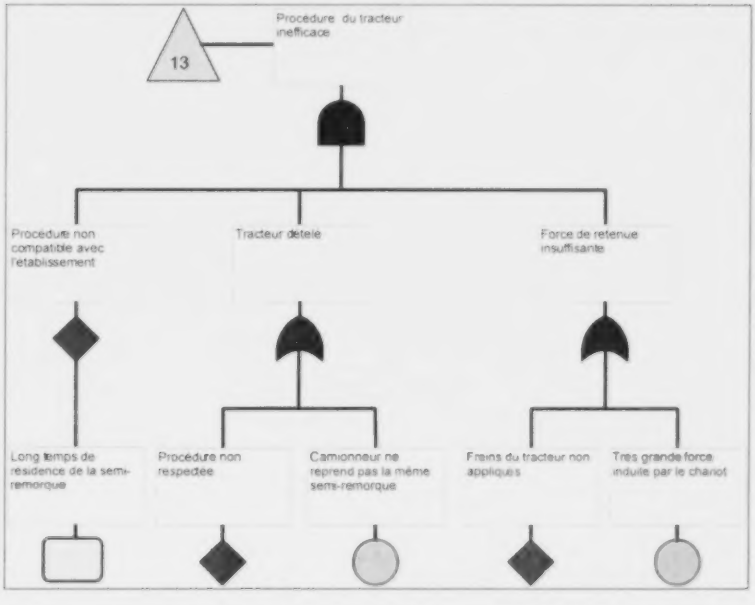


Figure 23. Mesure: procédure de présence du tracteur

[1] Il est important de rappeler ici que les essais sur les cales ne simulaient pas la totalité des situations possibles en entreprise.

14 Chandelles sous la semi-remorque

L'utilisation d'une chandelle de support (figure 26) peut éliminer le risque de basculement. Celle-ci remplace le point de contact qu'offrirait le tracteur s'il était présent. Le problème principal associé avec les chandelles de support vient du fait qu'il est possible qu'elles soient oubliées ou négligées. La qualité, la connaissance et le respect des procédures peuvent expliquer ce phénomène. Une difficulté à aller placer la chandelle (sol enneigé ou glacé, longue distance à parcourir, etc.) peut également inciter les responsables à négliger de la placer.

La chandelle peut échouer dans son rôle si elle bascule, si elle glisse ou si elle casse. Le dernier cas n'a pas été évalué, les forces en présence étant jugées trop faible comparé à la résistance des modèles courants. Quant au basculement et au glissement de la chandelle, si la base de la béquille est trop étroite, il est possible qu'elle glisse ou bascule suite à un petit avancement ou glissement de la semi-remorque. Ce dernier cas n'a cependant pas été recensé.

Il est possible qu'une seule chandelle ne puisse retenir contre un basculement latéral. Comme le démontre la figure 24, une semi-remorque ayant perdu les fonctions d'une béquille aurait tout de même quatre points d'appuis (les deux roues, la béquille restante et la chandelle). Mais puisque ces quatre points ne sont pas aux extrémités de la semi-remorque (la chandelle est au milieu) il existe toujours la possibilité que le centre de gravité combiné de la semi-remorque et du chariot se retrouve hors de ce quadrilatère forçant alors un basculement latéral. Deux solutions sont alors envisageables, soit placer deux chandelles ou utiliser une double chandelle (figure 25).

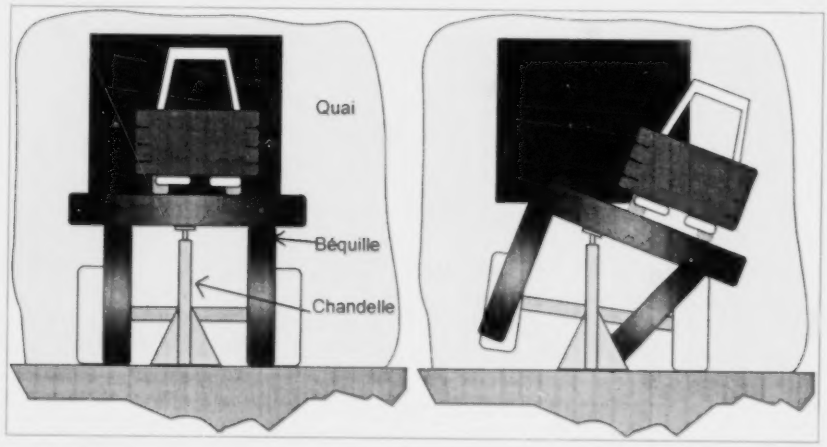


Figure 24. Basculement latéral même avec une chandelle

14 Chandelles sous la semi-remorque

L'utilisation d'une chandelle de support (figure 26) peut éliminer le risque de basculement. Celle-ci remplace le point de contact qu'offrirait le tracteur s'il était présent. Le problème principal associé avec les chandelles de support vient du fait qu'il est possible qu'elles soient oubliées ou négligées. La qualité, la connaissance et le respect des procédures peuvent expliquer ce phénomène. Une difficulté à aller placer la chandelle (sol enneigé ou glacé, longue distance à parcourir, etc.) peut également inciter les responsables à négliger de la placer.

La chandelle peut échouer dans son rôle si elle bascule, si elle glisse ou si elle casse. Le dernier cas n'a pas été évalué, les forces en présence étant jugées trop faible comparé à la résistance des modèles courants. Quant au basculement et au glissement de la chandelle, si la base de la béquille est trop étroite, il est possible qu'elle glisse ou bascule suite à un petit avancement ou glissement de la semi-remorque. Ce dernier cas n'a cependant pas été recensé.

Il est possible qu'une seule chandelle ne puisse retenir contre un basculement latéral. Comme le démontre la figure 24, une semi-remorque ayant perdu les fonctions d'une béquille aurait tout de même quatre points d'appuis (les deux roues, la béquille restante et la chandelle). Mais puisque ces quatre points ne sont pas aux extrémités de la semi-remorque (la chandelle est au milieu) il existe toujours la possibilité que le centre de gravité combiné de la semi-remorque et du chariot se retrouve hors de ce quadrilatère forçant alors un basculement latéral. Deux solutions sont alors envisageables, soit placer deux chandelles ou utiliser une double chandelle (figure 25).

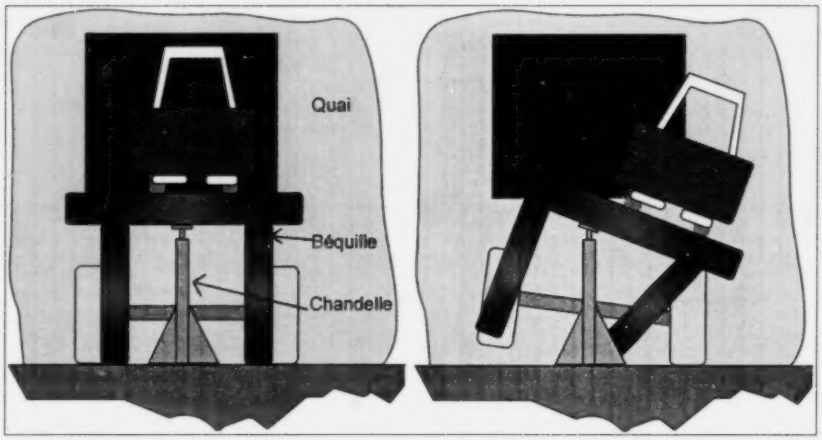


Figure 24. Basculement latéral même avec une chandelle

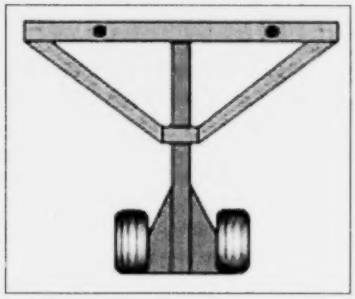


Figure 25. Double chandelle

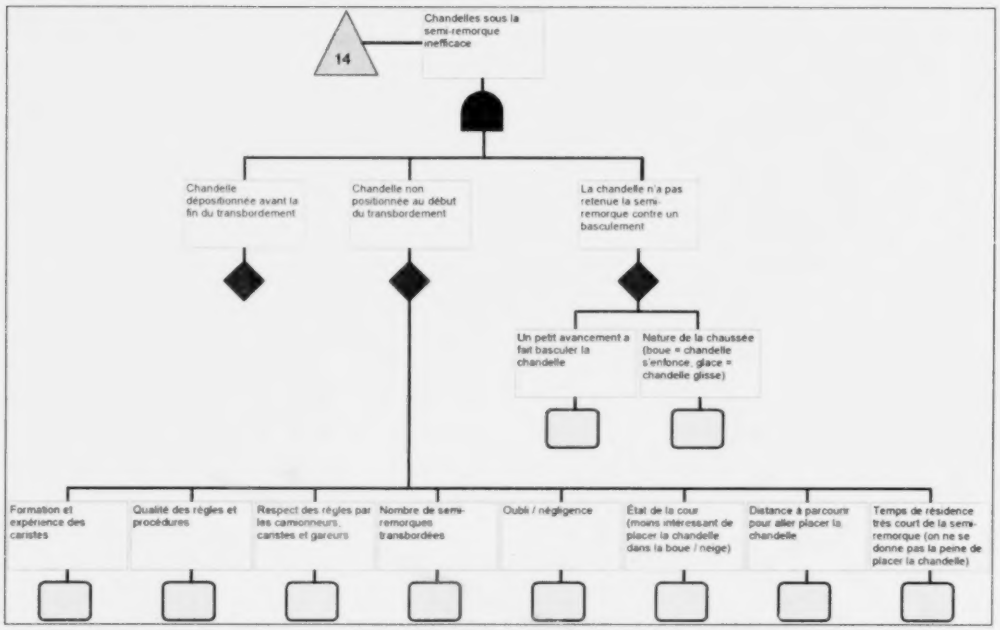


Figure 26. Mesure: chandelle

15 Signalisation visuelle

Le système de feux de signalisation (lumières) est la principale forme de signalisation visuelle. Ils sont de deux types : manuels et automatiques. Le premier est moins fréquents et consiste à changer manuellement l'état du système de signalisation en fonction de la situation. Généralement, cette opération est accomplie par le cariste, bien que le répartiteur puisse le faire directement de son bureau. Ce type de système est cependant lié aux procédures impliquant la modification du signal par l'utilisateur et au respect de ces procédures. Les systèmes automatiques sont reliés à un système de retenue, au pont niveleur et/ou à un autre

système de détection. Les feux s'allument en fonction de la détection et de la programmation de l'automate qui les contrôle. Dans les deux cas (système automatique et manuel), le système peut réduire les probabilités de départ inopiné. Cependant, seul le système automatique (lorsqu'il est bien configuré) pourrait arrêter le cariste en cas de glissement ou de départ inopiné où le camionneur n'a pas tenu compte de la signalisation.

L'efficacité de ce type de système de retenue n'est pas parfaite, plusieurs établissements ayant rapporté avoir observé des camionneurs qui ont quitté ou tenté de quitter le quai malgré un système de signalisation qui leur indiquait le contraire. L'arbre de la figure 27 montre que la fiabilité de ces systèmes est essentiellement basée sur des facteurs humains. Le respect des règles est le facteur principal, si les lumières ne sont pas respectées, la méthode perd toute son utilité. Un autre élément possible est le signal confus provenant du système de signalisation. Lorsqu'il y a plusieurs couleurs de feux (rouge, jaune, vert) et plusieurs états pour chacun (allumé, éteint, clignotant), il peut y avoir un large éventail de combinaisons différentes pour exprimer l'état du transbordement et du dispositif[2]. Il est possible que les camionneurs et même les caristes ne sachent comment réagir à certains signaux du dispositif. Une bonne formation du cariste et une certaine familiarité du camionneur peuvent cependant atténuer cet effet.

[2] Ce genre de problème se retrouve généralement sur les systèmes de signalisations reliés avec un dispositif de retenue quelconque.

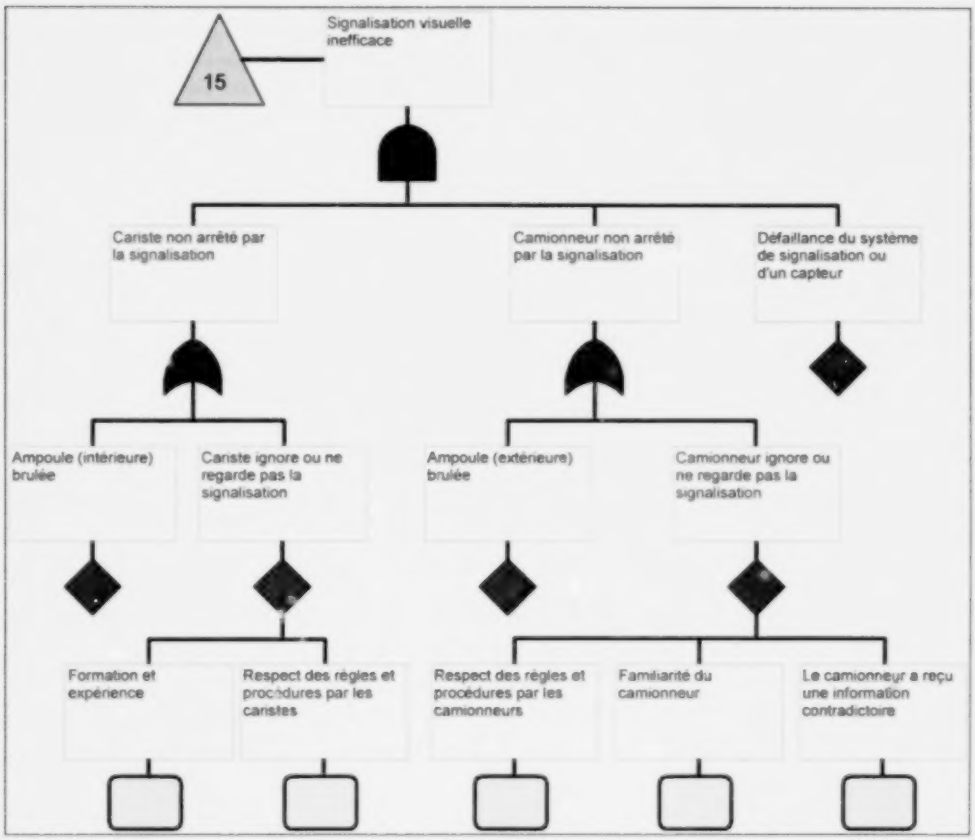


Figure 27. Mesure: signalisation visuelle

16 Alarme sonore

Dans l'arbre global l'alarme sonore se retrouve sous l'événement dangereux de départ inopiné et de glissement. Pour ce qui est du départ inopiné, le camionneur peut être averti d'un danger avant qu'il ne soit trop éloigné, il est cependant peu probable que le camionneur arrête son camion avant que la bavette du pont niveleur tombe. L'événement se produisant dans un temps très court, le camionneur ne peut rectifier ses actions que si l'alarme est reliée à une détection de surcharge (sur un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement par exemple). Le camionneur peut alors arrêter son véhicule avant que la force de traction ne dépasse le seuil de résistance de la barre anti-encastrement.

L'avantage principal de l'alarme d'alerter le cariste pour que lui-ci évite l'accident, surtout lorsqu'il se trouve à l'intérieur de la semi-remorque. Les caristes ne regardent pas toujours derrière eux lorsqu'ils reculent pour sortir de la semi-remorque. De ce fait, ils ne peuvent toujours savoir si la semi-remorque est bien arrimée au quai. L'alarme peut les informer du

danger avant qu'ils ne reculent dans l'espace entre le quai et la semi-remorque. Bien que dans ce cas un incident ne soit pas évité (chariot prisonnier de la semi-remorque), l'accident n'a pas lieu.

Comme le montre l'arbre de la figure 28, l'alarme sonore peut perdre son efficacité pour quelques raisons. Ignorer l'alarme est ce qui revient le plus souvent. L'alarme peut être ignorée parce que la personne concernée ne sait pas ce qu'elle veut dire ou ne sait pas comment réagir dans de telles circonstances (formation et expérience). Le nombre de portes peut également jouer sur son efficacité : un cariste pourrait croire que l'alarme d'un autre quai s'est déclenché et continuer son transbordement. Bien sûr, si l'alarme est aussi inefficace si elle est de trop faible intensité par rapport au bruit ambiant. De plus, si la détection est trop sensible, elle peut emmener l'alarme à sonner trop souvent ce qui incite les caristes à l'ignorer.

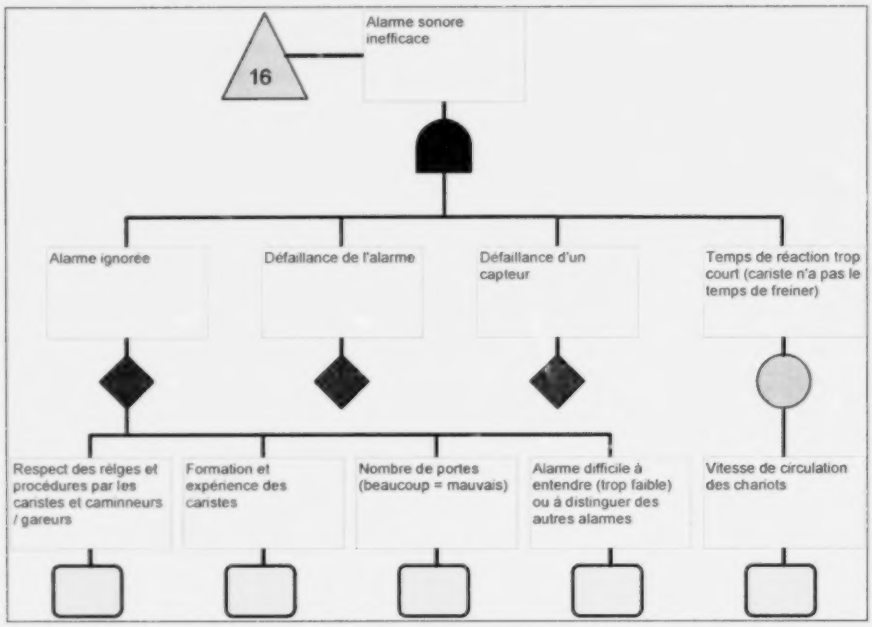


Figure 28. Mesure: alarme sonore

17 Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque

La procédure de relation entre le poids du chariot et la longueur de la semi-remorque (figure 29) consiste à diminuer l'effet des paramètres qui influencent le risque de basculement lorsque ce risque est présent. L'objectif est de diminuer la probabilité d'un basculement lorsque la semi-remorque utilisée est courte et que les charges sont lourdes. Ceci est accompli en utilisant un chariot plus léger et/ou en réduisant le poids des charges transbordées. Bien sûr, la procédure n'est pas applicable s'il est impossible pour l'établissement d'utiliser des chariots plus légers et/ou de transborder de plus petites charges. Certains autres facteurs peuvent également augmenter la probabilité d'un échec de la procédure. En tête de liste viennent la formation et

l'expérience des caristes : ces derniers doivent identifier les circonstances où ils doivent utiliser la procédure et ceci requiert une certaine expérience et plus de la formation. Quant à l'achalandage au quai, il peut avoir une influence sur les risques d'erreur dans l'application de la procédure.

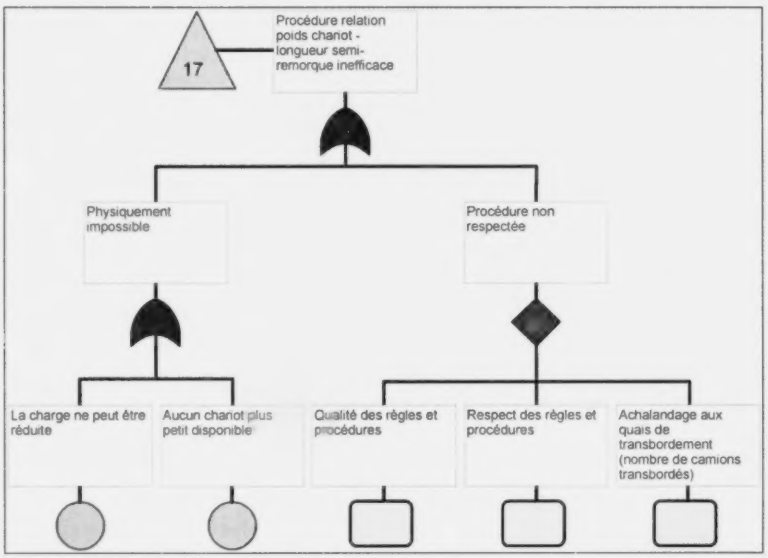


Figure 29. Mesure: Procédure relation poids chariot - longueur semi-remorque

18 Procédure de communication avec camionneur ou gareur

La procédure consiste à formaliser les échanges entre les caristes et les camionneurs ou gareurs (elle peut également faire participer d'autres intervenants) pour communiquer le signal de départ du camion. Elle peut varier grandement d'un établissement à l'autre en fonction des caractéristiques de cet établissement. C'est pourquoi il est difficile de produire un arbre ciblant exactement cette mesure. Il est cependant possible de faire ressortir une série d'éléments susceptible d'en détériorer l'efficacité comme le montre l'arbre de la figure 30.

Un facteur d'importance est le nombre de personnes présentes sur le quai, plus il est grand, plus les possibilités d'erreurs sont élevées. Chaque personne pouvant transmettre une fausse information, ou une bonne au mauvais moment ou à la mauvaise personne. Un autre facteur d'une grande importance est le respect des règles et procédures par les différents intervenants. En effet, les procédures sont inutiles si elles ne sont pas appliquées. De plus, certains dispositifs de sécurité peuvent devenir complètement inutiles si certaines règles ne sont pas observées, notamment dans le cas de dispositifs pouvant être retirés avant la fin du transbordement. Un autre élément noté au cours de la recherche est le fait que les intervenants externes n'ont pas le même niveau de respect des consignes que les employés à l'interne. Par exemple, un camionneur externe ne peut pas toujours être contrôlé facilement par l'établissement, surtout si celui-ci ne s'exprime pas dans la langue utilisée par les employés de

l'établissement et/ou si celui-ci n'est pas familier avec l'entreprise ou tout simplement s'il refuse de se conformer aux règles.

La personne chargée de faire le positionnement des semi-remorques a également une importance majeure en ce qui a trait au respect des procédures. Un gareur travaillant uniquement pour l'établissement connaît mieux les règles et procédures et l'importance de leur respect. Il est donc plus probable qu'un gareur respecte la procédure imposée par l'établissement. À l'opposer, les camionneurs externes sont plus difficiles à contrôler, leur communiquer les informations nécessaires n'est pas toujours simple et les mesures disciplinaires sont difficiles à appliquer pour les récalcitrants. Les probabilités de dérogations à la procédure sécuritaire sont donc plus élevées.

Une autre erreur possible se matérialise lorsque le camionneur prend une mauvaise semi-remorque. S'il n'y a pas de signalisation ou de dispositif de retenue mécanique, cette distraction conduit directement à un départ inopiné.

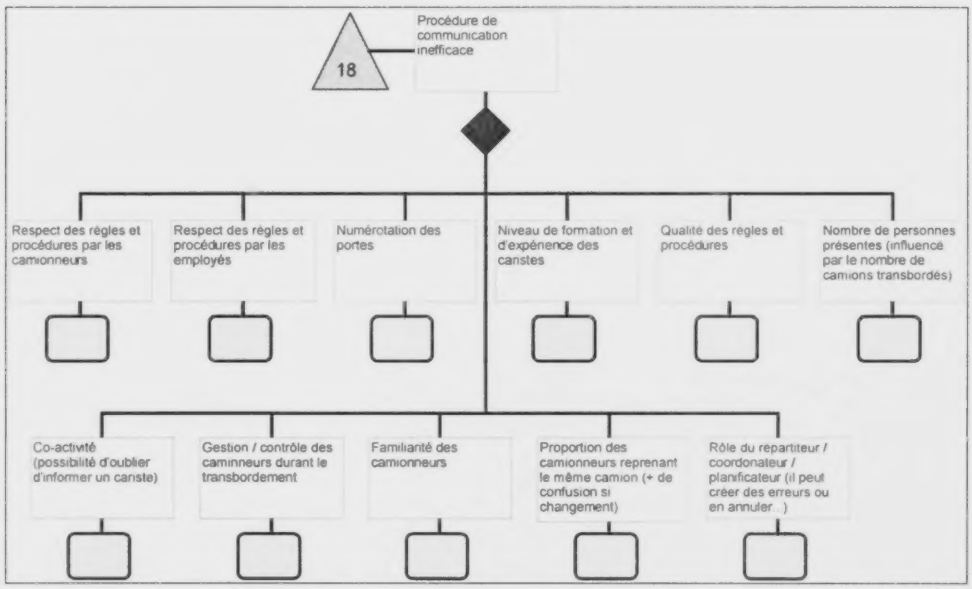


Figure 30. Mesure : Procédure de communication

19 Retenue des clefs

La prise des clefs est un autre moyen de contrôle contre le départ inopiné, la procédure implique de demander et de conserver les clefs du tracteur ou du camion fourgon surélevé tant que le transbordement n'est pas complété. De cette façon le camionneur ne peut quitter les lieux avant d'avoir reçu ses clefs de la personne autorisée. La méthode ne peut être utilisée que lorsque le tracteur reste attelé à la semi-remorque ou lorsqu'un camion fourgon surélevé est transbordé. Le facteur le plus important dans son efficacité (voir l'arbre de la Figure 31) est le respect des procédures par les camionneurs, ceux-ci pouvant refuser de remettre leurs clefs

pour différentes raisons. Son influence se fait ressentir principalement sur la probabilité de départ inopiné.

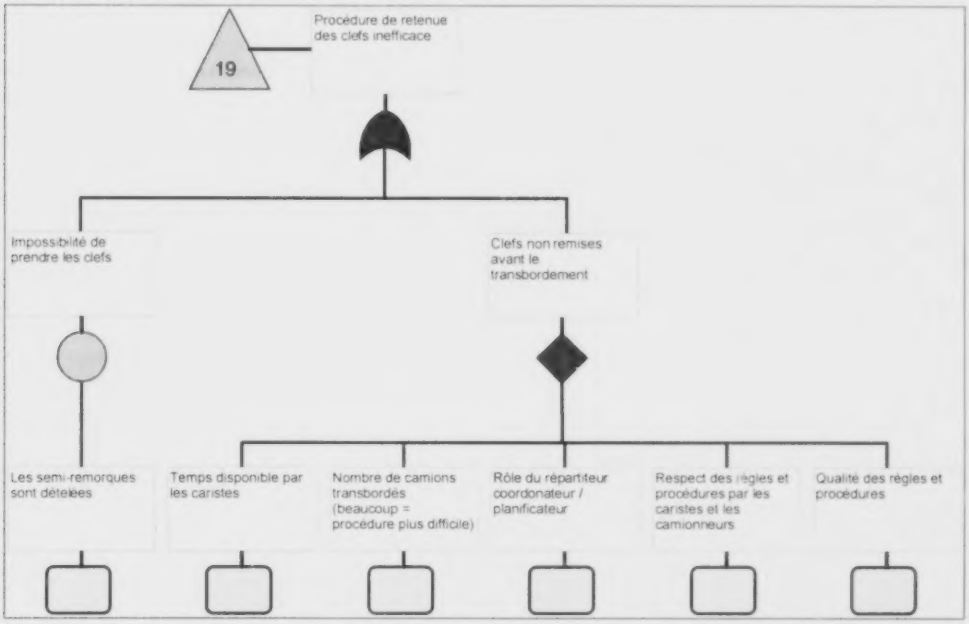


Figure 31. Mesure: retenue des clefs

20 Cadenassage des boyaux d'air du système de freins

Le cadenassage des boyaux d'air n'a pas été retenu par l'équipe de recherche en raison du manque d'information sur la procédure. Un seul établissement utilisant cette procédure a été relevé et celui-ci avait une situation particulière qui n'était pas représentative des autres établissements. La méthode n'a donc pas pu être évaluée au même niveau de profondeur que les autres. L'arbre de la Figure 32 présente les quelques informations recueillies. En raison du manque d'information, cet arbre ne peut pas être considéré comme final et complet.

Le cadenassage est utilisé pour diminuer les probabilités de départ inopiné. Le principe implique de cadenasser les boyaux d'air du système de freins, la semi-remorque ne peut être attelée tant que le cadenas est en place. Lorsque la semi-remorque est dételée du tracteur, ces boyaux sont accessibles et puisque les freins sont normalement engagés lorsqu'il n'y a pas de pression d'air, tant que les boyaux sont cadenassés les freins sont appliqués. Cette méthode est utile uniquement pour réduire les probabilités de départ inopiné.

Le respect et la connaissance des procédures par les employés de l'établissement sont donc des facteurs importants pour l'efficacité de la méthode. Un facteur pouvant pousser à la négligence de la procédure est le temps de résidence des semi-remorques et le temps

disponible par les caristes. En effet, placer le cadenas requiert un certain temps pendant lequel la semi-remorque demeure à l'arrêt sans que le transbordement s'effectue. Si le cariste est celui qui doit placer le cadenas, celui-ci doit disposer de suffisamment de temps pour le faire.

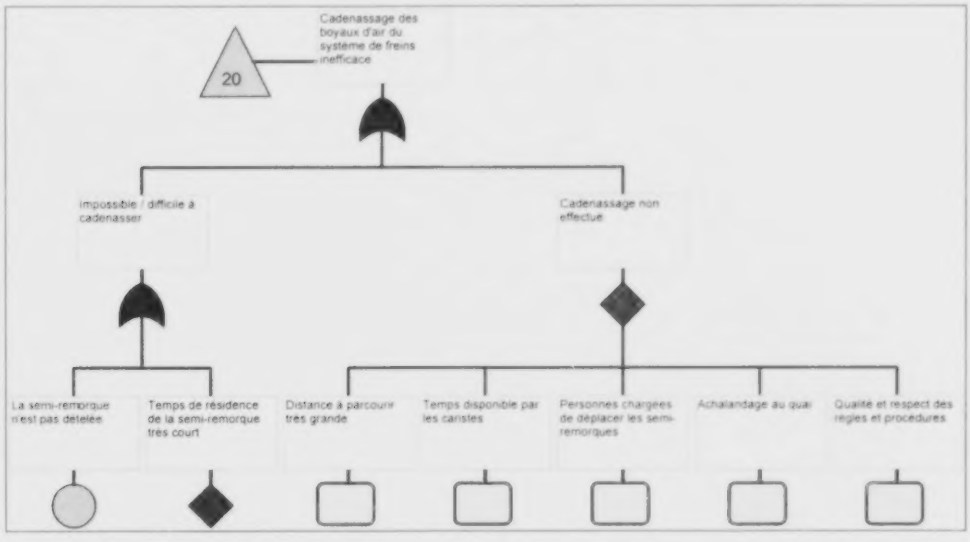


Figure 32. Mesure: cadenassage des boyaux d'air du système de freins

ÉTUDES ET RECHERCHES

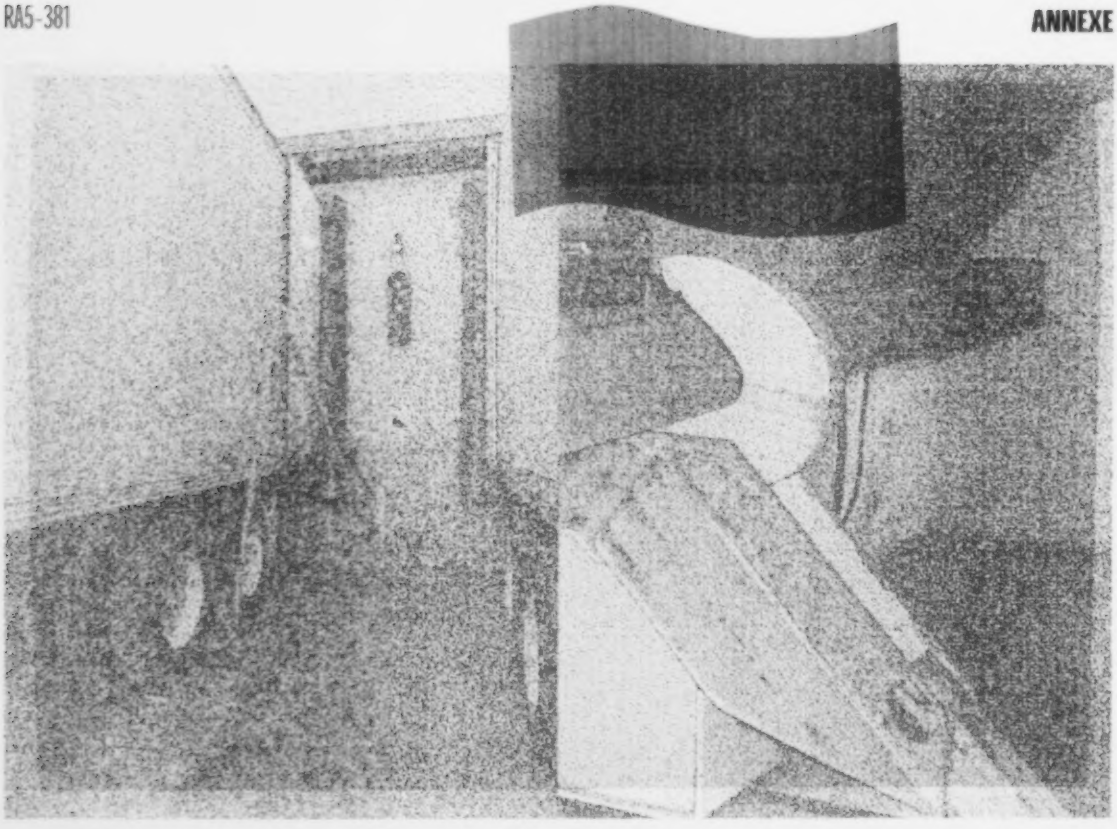
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Étude par modélisation du glissement d'une semi-remorque

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Masse

RA5-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Étude par modélisation du glissement d'une semi-remorque

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2], Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE E

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

TABLE DES MATIÈRES

1 Élaboration du modèle 3
1.1 Équation de base 3
1.2 Définition des variables d'entrées utilisées 3
1.2.1 Semi-remorque 3
1.2.2 Chariot élévateur 4
1.2.3 Quai de transbordement 4
1.3 Force horizontale générée par la décélération du chariot 5
1.4 Force verticale générée par la suspension 6
1.5 Calcul de la réaction normale aux pneus Nz et à la béquille N1 6
1.6 Efforts repris par la anti-encastrement 7
2 Partie II : Recherche de données 8
2.1 Données sur les semi-remorques 8
2.1.1 Semi-remorque 53 pieds 2 essieux 8
2.2 Données sur les chariots élévateurs 8
2.2.1 Données sur chariots élévateurs à combustion interne 9
2.3 Coefficients de friction 9
2.3.1 Coefficient de friction entre les pneus du chariot et du bois 9
2.3.2 Coefficients de friction entre les pneus de la semi-remorque et le sol 10
2.3.3 Coefficients de friction entre les pattes en acier de la béquille et le sol 10
3 Partie III : L'analyse 11
3.1 Conditions retenues 11
3.2 Résultats de l'étude 11
3.3 Analyse des résultats 11
3.3.1 Influence du type de chariot 11
3.3.2 Les efforts repris par la barre anti-encastrement 11
3.3.3 Effet de la pente du site sur les résultats 12
3.3.4 Forces de friction 12
4 Conclusion 13
5 Références bibliographiques 14
ANNEXE E.1 15
Données sur les coefficients de friction 15
ANNEXE E.2 23
Tableau des résultats des analyses 23

1 ÉLABORATION DU MODÈLE

1.1 Équation de base

Soit une semi-remorque ayant une masse M1 et un chariot élévateur ayant une masse M2. Le glissement s'effectue si la force de friction des pneus et de la béquille est moins grande que la force générée par le freinage du chariot élévateur

Si on considère;

Force de freinage + force causée par la pente > ou < (N_{roues} x μ_1 + $N_{béquille}$ x μ_2)

Si la force de freinage ainsi que les forces gravitationnelles sont plus élevées que la force de friction totale, alors, la semi-remorque glisse.

1.2 Définition des variables d'entrées utilisées

1.2.1 Semi-remorque

Soit une semi-remorque de n'importe quel type et de n'importe quelle dimension, les variables la définissant sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1

Variables définissant la semi-remorque

Variable	Définition	Unités
LIFTMU	Coefficient de friction correspondant au type de plancher de la semi-remorque	Aucune
H	Hauteur de la plate-forme	m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	m
D	Distance entre les essieux de la semi-remorque	m
E	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	m
B	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	m
M1	Masse totale de la semi-remorque à lège	Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque à lège par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque à lège par rapport au sol	m
K	Constante de ressort de la suspension (pour un essieu)	N/m
C	Constante d'amortissement de la suspension (pour un essieu)	N *sec/m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	Aucune

1.2.2 Chariot élévateur

Soit un chariot standard à deux essieux et quatre roues avec fourches à l'avant dont les variables sont décrites au tableau 2.

Tableau 2

Variables définissant le chariot-élévateur

Variable	Définition	Unités
LIFTCAP	Capacité du chariot	Kg
V	Vitesse maximale du chariot élévateur en charge	m/sec
LIFTW	Masse du chariot élévateur à lège	Kg
LIFTCGLOAD	Position du centre de gravité de la charge en X à partir des roues avant du chariot	m
LIFTCGLOADY	Position du centre de gravité de la charge en Y à partir du sol	m
LIFTC	Longueur des fourches à partir des roues avant du chariot	m
LIFTCGX0	Position du centre de gravité du chariot à lège à partir des roues avant du chariot	m
LIFTCGY0	Position du centre de gravité en Y du chariot à lège à partir du sol	m
LIFTSTOP	Position d'arrêt du chariot sur la semi-remorque à partir de l'essieu arrière de la semi-remorque	m

1.2.3 Quai de transbordement

Le tableau 3 résume les variables utilisées pour décrire le quai de transbordement.

Tableau 3

Variables définissant le quai de transbordement

Variable	Définition	Unités
Muz	Coefficient de friction entre pneus de la semi-remorque et le sol (en fonction du type de revêtement et des conditions au sol)	aucune
Mu1	Coefficient de friction entre les pattes de la béquille et le sol (en fonction du type de revêtement et des conditions au sol)	aucune
Teta	Pente de l'accès au quai (positif : on monte vers le quai, négatif : on descend vers le quai)	Pourcentage (%)

1.3 Force horizontale générée par la décélération du chariot

Dans le cas présent, on considère une distance de freinage universelle fonction de la décélération maximale du chariot à sa vitesse maximale. Soit S, la distance de freinage à pleine capacité

$$a = V^2 / 2S$$

D'où,

$$S = V^2 / 2a$$

Où V est la vitesse avant freinage et a est la décélération du chariot. L'équation de l'accélération en fonction de la force est ;

$$F = M\ a$$
$$a = F / M$$

Où F est la force de décélération et M est la masse du chariot. En combinant les deux équations ;

$$S = M\ V^2 / 2\ F$$

On obtient donc l'équation suivante;

$$S = M2 * V^2 / 2 * Fmax * 9.81$$

La force de freinage maximale est déterminée en fonction de la force de friction statique que peut prendre le chariot en freinant sur le plancher de la semi-remorque.

Cette force équivaut à ;

$$Fmax = M2 * liftmu * Cos(teta)$$

Où liftmu est le coefficient de friction entre les pneus du chariot et le plancher de la semi-remorque. Lorsque la vitesse du chariot a diminué d'un certain pourcentage (pvit), on considère que la distance de freinage est la même que celle obtenue à pleine vitesse.

$$Ffreinage = M2\ (V*pvit)^2 / 2\ S$$

$$Ffreinage = M2\ (V\ pvit)^2\ 2\ Fmax / 2\ M2\ V^2$$

$$Ffreinage = pvit^2\ Fmax$$

Ce qui signifie que la force de freinage générée à un pourcentage de la vitesse maximale « pvit » est le produit de la force maximale de freinage à pleine vitesse et le carré de « pvit ».

$$Ffreinage = Fmax\ pvit^2$$

En combinant;

$$\mathbf{Ffreinage = M2 * liftmu * \cos(teta) * pvit^2}$$

1.4 Force verticale générée par la suspension

Soit une suspension conventionnelle avec amortissement. On considère que l'oscillation de la suspension causée par le chariot qui entre sur la semi-remorque induit une force qui réduit la réaction Nz. La position de la suspension en tout temps est;

$$y = \frac{F\, e^{-\xi \omega n\, t} \times \sin(\omega d\, t + A)}{k \sin A}$$

Où,

$\omega n = (k / Nz)^{1/2}$
$\xi = c / (Nz\ nes\ \omega n)$
$\omega d = \omega n\ (1 - \xi^2)^{1/2}$
$A = \arctan(\omega d / \omega n\ \xi)$

En dérivant l'équation on obtient la vitesse V;

$$V = -\frac{F\,(e^{-\xi \omega n\, t} \times \xi\, \omega n \sin(\omega d\, t + A) + \omega d \cos(\omega d\, t + A))}{k \sin A}$$

En dérivant une fois de plus on obtient l'accélération;

$$a = -\frac{F\,(e^{-\xi \omega n\, t} \times \sin(\omega d\, t + A)\,(\xi^2 \omega n^2 - \omega d^2) - 2\,\xi\, \omega n\, \omega d \cos(\omega d\, t + A))}{k \sin A}$$

La force induite par la suspension est;

Fsuspension = Nz x a / 9,81

1.5 Calcul de la réaction normale aux pneus Nz et à la béquille N1

Nz est la réaction sur un essieu de semi-remorque. Pour une semi-remorque à un essieu, la distance considérée pour le calcul du moment est b. Pour une semi-remorque à deux essieux, la distance est (2b-d). Pour une semi-remorque à « Nes » essieux la distance est ;

Distance à considérer = Nes b – d (Nes / 2) (Nes – 1)

Les bras de levier pour chaque masse sont égaux à ;

Levier 1 = X1 – b + Y1 Tan θ
Levier 2 = liftstop – b + Y2 Tan θ
Levier pour force de freinage = Y2
Levier pour la suspension (Levier 3) = Nes b – d (Nes / 2) (Nes – 1)

En considérant une semi-remorque sur une pente on peut déduire l'équation suivante ;

$$Nz = \frac{(- M1\ (Levier1) - M2\ (Levier\ 2) - Fusp.\ (Levier\ 3))\ Cos\ \theta - Ffreinage\ Y2}{Nes\ b - d\ (Nes / 2)\ (Nes - 1)}$$

D'où on peut tirer la réaction, Nz, pour un essieu. Si la réaction est inférieure à zéro, la semi-remorque bascule.

Connaissant Nz, on calcule N1 de la façon suivante;

$$\Sigma fy = N1 + Nz \times nes - M1 \cos \theta - M2 \cos \theta - Fsuspension \times nes$$

D'où,

$$N1 = - Nz \times nes + M1 \cos \theta + M2 \cos \theta + Fsuspension \times nes$$

La force en X est;

$$Fx = M1 \sin \theta + M2 \sin \theta + Ffreinage$$

1.6 Efforts repris par la barre anti-encastrement

Lorsque la force de friction est inférieure aux forces qui s'y opposent, il y a glissement. Si l'on considère que la barre anti-encastrement est capable de retenir la semi-remorque dans de tel cas, nous devons donc calculer la réaction contre glissement à la barre anti-encastrement. Cette réaction est définie par;

$$ICCx = Fx - Fmax1 - Fmaxz$$

2 PARTIE II : RECHERCHE DE DONNÉES

2.1 Données sur les semi-remorques

Une recherche a été effectuée auprès de trois compagnies fabriquant des semi-remorques de type fourgon. Les compagnies sont Lufkin, Manac, et Stoughton. Selon les informations recueillies, les fabriquant offrent à peu près tous le même type de semi-remorque et les propriétés de poids et de dimensions sont sensiblement les mêmes d'une compagnie à l'autre. Une semi-remorque Manac de 53 pieds avec deux essieux a été utilisée comme modèle de base.

2.1.1 Semi-remorque 53 pieds 2 essieux

Le tableau 4 résume les données recensées pour une semi-remorque de 53 pieds et 2 essieux.

Tableau 4

Paramètres de la semi-remorque de 53 pieds et 2 essieux

Variable	Définition	Valeur
h	Hauteur de la plate-forme	1.37 m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	16.15 m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	1.25 m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	2.15 m
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	10.35 m
M1	Masse totale de la semi-remorque à lège	6575 Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque à lège par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	4.37 m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque à lège par rapport au sol	1.05 m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	2

2.2 Données sur les chariots élévateurs

Les chariots considérés pour cette étude sont du type à moteur à combustion interne avec pneus à bandage plein. Ce sont généralement le type de chariot que l'on retrouve pour le transbordement de marchandise dans les fourgons. Après une recherche auprès de différentes compagnies, il a été constaté que tous les chariots de capacité équivalente ont des propriétés semblables. C'est pourquoi un seul constructeur a été choisi pour modéliser toute la gamme des chariots. Le constructeur retenu est Toyota.

Pour l'étude du glissement, trois différents modèles de cette compagnie ont été retenus. Voici leurs caractéristiques qui serviront à modéliser les chariots.

2.2.1 Données sur chariots élévateurs à combustion interne

Le tableau 5 donne toutes les données utilisées pour décrire les différents chariots-élévateurs utilisés lors de la simulation.

Tableau 5

Données recensées pour les chariots-élévateurs

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU30**
Capacité	2721 Kg (6000 lbs)
Vitesse en charge	17 Km/h
Masse du chariot	4346 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.05 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.735 m
Centre de gravité du chariot à lège (en X)	0.967 m
Centre de gravité du chariot à lège (en Y)	0.55 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.52 m

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU35**
Capacité	3629 Kg (8000 lbs)
Vitesse en charge	19 Km/h
Masse du chariot	5770 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.065 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.709 m
Centre de gravité du chariot à lège (en X)	1.007 m
Centre de gravité du chariot à lège (en Y)	0.65 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.534 m

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU55**
Capacité	5443 Kg (12000 lbs)
Vitesse en charge	20.9 Km/h
Masse du chariot	8092 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.131 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.725 m
Centre de gravité du chariot à lège (en X)	1.135 m
Centre de gravité du chariot à lège (en Y)	0.65 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.6 m

2.3 Coefficients de friction

2.3.1 Coefficient de friction entre les pneus du chariot et du bois

On assumera que le coefficient de friction statique sera de 0,7.

Source : *www.new+.phys.unsw.edu.au/nepe/111/lecture ..* (plus disponible)

2.3.2 Coefficients de friction entre les pneus de la semi-remorque et le sol

Les coefficients de friction proviennent de « Automotive handbook » ainsi qu'un résumé sur un séminaire ayant eu lieu en Avril 1992 (IPTM, special problems seminar)

Les différents coefficients de friction sont :

- Asphalte sèche : 0,85
- Asphalte mouillée : 0,65
- Béton sec : 0,8
- Béton mouillé : 0,6
- Chaussée enneigée : 0,15
- Gravier : 0,55

2.3.3 Coefficients de friction entre les pattes en acier de la béquille et le sol

N'ayant trouvé aucune information à ce sujet, des tests sur le terrain ont été effectués. La plaque qui a été utilisée est en acier 1/16``. Les dimensions sont 8`` x 10``. Le montage consiste en une plaque d'acier sur laquelle on dépose différents poids. On utilise un câble d'acier pour tirer le montage jusqu'à ce qu'il y ait glissement. L'instrument de mesure est un dynamomètre utilisé pour vérifier la force de serrage d'une main.

Les poids utilisés, les tests effectués ainsi que les résultats sont en annexe E.1.

Coefficients trouvés :

- Asphalte sèche : 0,65
- Asphalte mouillée : 0,62
- Béton sec : 0,64
- Béton mouillé : 0,64
- Chaussée enneigée : 0,15 (assumé pareil a un pneu)
- Gravier : 0,63

3 PARTIE III : L'ANALYSE

Pour l'étude sur le glissement, beaucoup de paramètres peuvent être modifiés. Cependant, seul quelques-uns seront utilisés et modifiés pour l'étude.

3.1 Conditions retenues

L'étude est divisée en quatre sections, soit quatre types de conditions de sol.

1- Pavé sec
2- Pavé humide ou mouillé
3- Pavé enneigé/glacé
4- Gravier sec

dans chaque section, il y a trois conditions pour le chariot ;

I- 100% de la puissance de freinage du chariot élévateur
II- 50% de la puissance
III- 25% de la puissance

Dans chaque tableau, on étudie trois types de chariots, 6000, 8000 et 12000, livres de capacité. Ces chariots sont reconnus comme étant les plus courants sur le marché. De plus, pour chaque condition on fait varier la pente entre 0 % et 10% dans le sens le plus nuisible.

Dans les tableaux, on trouve comme résultats la force de friction maximale à chaque appuis. Dans le cas où la semi-remorque glisse, on retrouve la force reprise par la barre anti-encastrement en supposant que c'est celle-ci qui retient la semi-remorque. Une force de 0 signifie qu'il n'y a pas de glissement.

3.2 Résultats de l'étude

Les résultats de l'étude sont présentés dans les tableaux apparaissant à l'annexe E.2.

3.3 Analyse des résultats

3.3.1 Influence du type de chariot

La force maximale de friction est proportionnelle au poids du chariot. Par contre, la force produite par le freinage augmente beaucoup plus rapidement. C'est pourquoi plus un chariot est lourd, plus le risque de glissement augmente.

3.3.2 Les efforts repris par la barre anti-encastrement

Selon les résultats, c'est seulement lorsque la chaussée est enneigée ou glacée qu'il y a glissement de la semi-remorque. Dans un cas de freinage d'urgence, on observe des efforts

pouvant aller jusqu'à 8 400 Kg. Pour un freinage normal (50%) on observe des efforts de l'ordre de 1 300 Kg pour des chariots de 5443 kilos (12000 lbs). À noter que cette étude n'évalue que le glissement pur, i.e. : lorsque les roues de la semi-remorque glissent. Le cas où les freins ne sont pas appliqués ainsi que le cas du rampage ne sont pas évalués ici.

3.3.3 Effet de la pente du site sur les résultats

La variation de la pente du site (pente vers l'extérieur) fait augmenter les forces générées dans la semi-remorque suite au freinage du chariot.

3.3.4 Forces de friction

Dans les conditions de sol d'asphalte mouillé, de béton mouillé et de gravier sec, les forces de frictions maximales sont sensiblement les mêmes. Dans les conditions de sol d'asphalte sec ou de béton sec, les forces de friction combinées (essieux et béquilles) semblent suffisantes pour assurer la stabilité de la semi-remorque dans toutes les conditions évaluées. On remarque cependant que pour un freinage d'urgence (100%), sur pavé sec, le pourcentage de la force de friction utilisé est entre 50% et 80%. Dans les situations de pavé mouillé ou de gravier sec, un freinage d'urgence (100%) peut utiliser jusqu'à 91-95% de la force de friction disponible ce qui pourrait être représenté comme une situation à risque élevé.

Dans le cas d'une chaussée enneigée, pratiquement toutes les conditions présentent un risque de glissement où 75% de la force de friction disponible est utilisée. La majorité de ces cas présentent en fait un dépassement de la force de friction disponible ce qui résulterait en un glissement.

4 CONCLUSION

Les calculs effectués sont basés sur un modèle mathématique simplifié de la réalité. L'interprétation des résultats de cette étude doit donc refléter les limites imposées par ce modèle et les variables qui y ont été introduites (dimensions, forces, coefficients de friction, etc.) Les résultats ont mis en évidence l'impact de certains des facteurs dans les conditions recrées. C'est ainsi que les coefficients de friction entre le sol et la semi-remorque, la vitesse du chariot, la masse du chariot et la pente de la cour (positive ou négative) influencent de façon importante les résultats obtenus. Il est aussi difficile de prédire quelles seront les conditions au sol (chaque cas est particulier) et de quelle façon l'opérateur réalisera le freinage du chariot dans la semi-remorque.

Les résultats montrent une tendance qui indique qu'il existe bien un risque de glissement dans certaines conditions. Plus les valeurs de puissance de freinage et de la pente du site sont élevées, plus cette tendance est marquée. Selon les résultats des calculs effectués, dans les conditions de pavé (sec ou humide) et de gravier sec, une utilisation de plus de 75% des forces de friction disponible n'est atteint que lorsqu'il y a freinage d'urgence (100% de la force de freinage du chariot). Dans ces conditions, aucun dépassement de la valeur de friction disponible, qui résulterait en un glissement, n'est atteint. Par contre, la force de friction disponible est dépassée par les forces provoquées par le freinage du chariot et provoquerait le glissement de la remorque dans 14 situations de modélisation dans les conditions de pavé enneigé/glacé.

5 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Automotive handbook (5 th edition). Bosch
2. Cyril M. Harris. Shock and vibration handbook (4th edition). Mc Graw-Hill
3. Haleenruy, Thierry. Les liaisons au sol, ETAI

Chariots élévateurs :

1. http://www.tcmforklifts.com
2. http://www.hyster.co.uk
3. http://www.nissanforklifts.com

Semi-remorques

1. Ministère des transports du Québec :
   http://www.mtq.gouv.qc.ca/marchandises/camionage/charges/normes.htm
2. http://www.greatdanetrailers.com
3. http://www.stoughtontrailers.com
4. http://www.canammanac.com/manac.nsf/Francais!OpenPage

ANNEXE E.1

Données sur les coefficients de friction

Motive force
The higher the engine torque M and overall transmission ratio i between engine and driven wheels, and the lower the power-transmission losses, the higher is the motive force F available at the drive wheels.

$$F = \frac{M \cdot i}{r} \cdot \eta \quad \text{or} \quad F = \frac{P \cdot \eta}{v}$$

η Drivetrain efficiency level
(longitudinally installed engine
$\eta = 0.83 \ldots 0.92$;
transverse engine $\eta = 0.91 \ldots 0.95$)

The motive force F is partially consumed in overcoming the running resistance F_w. Numerically higher transmission ratios are applied to deal with the substantially increased running resistance encountered on gradients (gearbox).

Vehicle and engine speeds

$$n = \frac{60 \cdot v \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

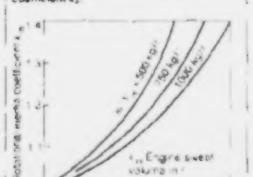
or with v in km/h

$$n = \frac{1000 \cdot v \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot 60 \cdot r}$$

Acceleration
The surplus force $F - F_w$ accelerates the vehicle (or retards it when F_w exceeds F).

$$a = \frac{F - F_w}{k_m \cdot m} \quad \text{or} \quad a = \frac{P \cdot \eta - v \cdot k_l}{v \cdot k_m \cdot m}$$

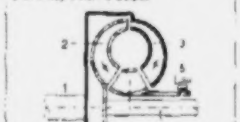
Determining the rotational inertia coefficient k_m



The rotational inertia coefficient k_m compensates for the apparent increase in vehicle mass due to the rotating masses (wheels, flywheel, crankshaft, etc.)

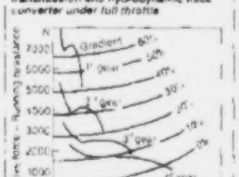
Motive force and road speed on vehicles with automatic transmissions
When the formula for motive force is applied to automatic transmissions with hydrodynamic torque converters or hydrodynamic clutches, the engine torque M is replaced by the torque at the converter turbine, while the rotational speed of the converter turbine is used in the formula for engine speed.

Hydrodynamic converter
1 Pump, 2 Turbine, 3 Pump, 4 Stator, 5 One-way clutch, 6 Output



The relationships between $M_{Turb} = f(n_{Turb})$ and the engine characteristic $M_{eng} = f(n_{eng})$ is determined using the characteristics of the hydrodynamic converter (P 685).

Running diagram for car with automatic transmission and hydrodynamic track converter under full throttle



Adhesion to road surface

Coefficients of static friction for pneumatic tires on various surfaces

Vehicle speed km/h	Tire condition	Road condition: Dry	Wet: water approx 0.2 mm	Deep rainfall: water approx 1 mm deep	Puddles: water approx 2 mm deep	Iced (black ice)
		Coefficient of static friction μ_{max}				
50	new	0.85	0.65	0.55	0.5	0.1 and less
	worn [1]	1	0.8	0.4	0.25	
80	new	0.8	0.6	0.3	0.05	
	worn [1]	0.95	0.2	0.1	0.05	
120	new	0.75	0.55	0.2	0	
	worn [1]	0.9	0.2	0.1	0	

[1] worn to tread depth of 1.6 mm. Legal minimum in Germany, as in many countries, 1.6 mm; SWZO §WV28/2, 4)

The static coefficient of friction (between the tires and the road surface), also known as the tire-road-interface friction coefficient, is determined by the vehicle's speed, the condition of the tires and the side of the road surface (see table above). The figures cited apply for concrete and tarmacadam road surfaces in good condition. The coefficients of sliding friction (with wheel locked) are usually lower than the coefficients of static friction.

Special rubber compounds providing friction coefficients of up to 1.8 are employed in racing tires.

The maxima for acceleration and uphill driving, and for retardation and downhill braking, are provided on page 345.

Aquaplaning
Aquaplaning has a particularly dramatic influence on the contact between tire and road surface. It describes the state in which a layer of water separates the tire and the (wet) road surface. The phenomenon occurs when a wedge of water forces its way underneath the tire's contact patch and lifts it from the road. The tendency to aquaplane is dependent upon such factors as the depth of the water on the road surface, the vehicle's speed, the tread pattern, the tread wear, and the load pressing the tire against the road surface. Wide tires are particularly susceptible to aquaplaning. It is not possible to steer or brake an aquaplaning vehicle, as its front wheels have ceased to rotate, meaning that neither steering inputs nor braking forces can be transmitted to the road surface.

Aquaplaning
1 Tire, 2 Wedge of water, 3 Road surface

Table 4
UNUSUAL FRICTION COEFFICIENTS

Pickup Truck Sliding	on Concrete	0.3-0.4
Passenger Car Skidding	on Concrete	0.3
	on Rough Asphalt	0.4
	on Gravel	0.5-0.7
	on Dry Grass	0.5
Body Sheet Metal	on Asphalt	0.4
	on Dirt	0.2
	on Body Sheet Metal (sideswipe)	0.6
Collins, J. (1967) pp. 64, 88		
Car	to Car	0.55
Emori, R. (1968)		
Engine Braking	High Gear	0.1
	Low Gear	0.1-0.2
Rolling Resistance	Normal Inflation	0.01
	Partial Inflation	0.013
	Flat Tire	0.017
Skidding	on Packed Snow	0.15
	on Ice or Sleet	0.07
McHenry, R. and Lynch, J. (1976), p. 6-10		
Motorcycle	Skidding on Side	0.55-0.7
Human Body	Skidding	1.1
	Tumbling	0.8
Collins, J. (1979), pp. 130, 233, 241		

IPTM, Special Problems Seminar, April 1992

Table 2
VARIOUS SURFACES FOR CARS AND TRUCKS

Description of Road Surface	Automobile Tire	Truck Tire
Dry Concrete	.85	.65
Dry Asphalt	.80	.60
Wet Concrete	.70-.80	.50
West Asphalt	.45-.80	.30
Packed Snow	.15	.15
Ice	.05	.11 (Dry) .07 (Wet)
Dry Dirt	.65	--
Mud	.40-.50	--
Gravel or Sand	.55	--
Wet, Oily, Smooth Concrete	--	.25
Hard-packed Snow w. Chains	--	.60
Dry Ice w. Chains	--	.25

Collins, J. (1979)

Table 3
VELOCITY DECREMENT VALUES

Indicated Speed mph	Percent Reduction of Friction Coefficient
40	3
50	7
60	9
70	11
80	14
90	18

Collins, J. (1979), p. 178

PARAMETERS FOR $\mu = \mu_0 - vV$, V in mph

	Dry Peak	Dry Sliding	Wet Peak	Wet Sliding
μ_0	0.95	0.85	0.75	0.70
v	0.0017	0.0025	0.0033	0.0050

Limpert, R. (1978), p. 160

Table 1
TIRE-ROAD FRICTION VALUES

Description of Road Surface	Dry Under 30 mph	Dry Over 30 mph	Wet Under 30 mph	Wet Over 30 mph
PORTLAND CEMENT				
New, Sharp	.80-1.20	.70-1.00	.50-.80	.40-.75
Travelled	.60-.80	.60-.75	.45-.70	.45-.65
Traffic Polished	.55-.75	.50-.65	.45-.65	.45-.60
ASPHALT, TAR				
New, Sharp	.80-1.20	.65-1.00	.50-.80	.45-.75
Travelled	.60-.80	.55-.70	.45-.70	.40-.65
Traffic Polished	.55-.75	.45-.65	.45-.65	.40-.60
Excess Tar	.50-.60	.35-.60	.30-.60	.25-.55
GRAVEL				
Packed, Oiled	.55-.85	.50-.80	.40-.80	.40-.60
Loose	.40-.70	.40-.70	.45-.75	.45-.75
CINDERS				
Packed	.50-.70	.50-.70	.65-.75	.65-.75
ROCK				
Crushed	.55-.75	.55-.75	.55-.75	.55-.75
ICE				
Smooth	.10-.25	.07-.20	.05-.10	.05-.10
SNOW				
Packed	.30-.55	.35-.55	.30-.60	.30-.60
Loose	.10-.25	.10-.20	.30-.60	.30-.60

Baker, J. (1975)

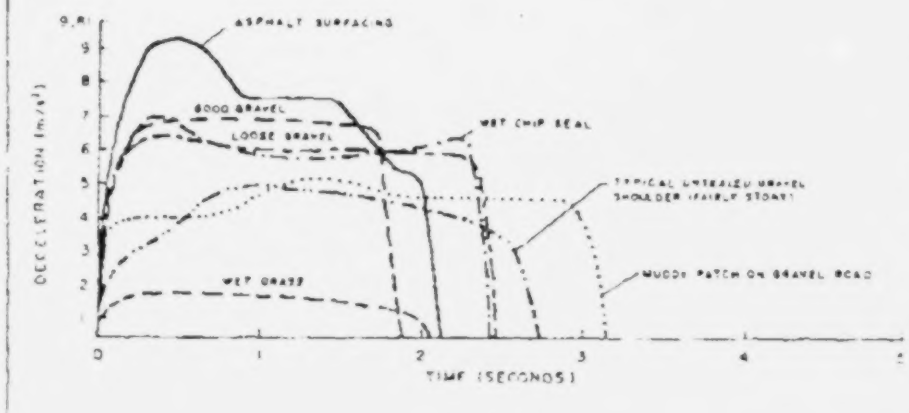


Figure A-1
DECELERATION ON DIFFERENT SURFACES

Source: Paige-Green, P. (1990)

Tests sur le terrain sur le coefficient de friction entre l'acier et différents types de revêtements

plaque: 0.971 kg
Poids #1: 18,38 kg
Poids #2: 18,9 kg
Poids #3: 10,52 kg

Test 1: Asphalte sèche

Poids utilisés	Masse totale	essai 1	essai 2	essai 3	coefficient
plaque + poids#1	19,351	12,4			0,64
Plaque + poids #1 + poids #2	38,251	25,8	25,4		0,67
Plaque + poids #1 + poids #2 + poids #3	48,871	29	33,5		0,64
				Moyenne:	**0,65**

Test 2: Béton sec

Poids utilisés	Masse totale	essai 1	essai 2	essai 3	coefficient
plaque + poids#1	19,351	13	13,25		0,68
Plaque + poids #1 + poids #2	38,251	24,4	25,8	25	0,66
Plaque + poids #1 + poids #2 + poids #3	48,871	30	27,4	29,4	0,59
				Moyenne:	**0,64**

Test 3: Gravier sec

Poids utilisés	Masse totale	essai 1	essai 2	essai 3	coefficient
plaque + poids#1	19,351	11,5	10,5	12	0,57
Plaque + poids #1 + poids #2	38,251	23,7	25,5	20,5	0,61
Plaque + poids #1 + poids #2 + poids #3	48,871	45,5	31,5	28,5	0,72
				Moyenne:	**0,63**

Test 4: Béton mouillé

Poids utilisés	Masse totale	essai 1	essai 2	essai 3	coefficient
plaque + poids#1	19,351	12,5	12,5	13	0,65
Plaque + poids #1 + poids #2	38,251	22,5	22,5	25	0,61
Plaque + poids #1 + poids #2 + poids #3	48,871	31	32,5	32,5	0,65
				Moyenne:	**0,64**

Test 5: asphalte *mouillée*:

Poids utilisés	Masse totale	essai 1	essai 2	essai 3	coefficient
plaque + poids#1	19,351	12,5	12	12,5	0,63
Plaque + poids #1 + poids #2	38,251	22,5	25,2	24,5	0,63
Plaque + poids #1 + poids #2 + poids #3	48,871	29,4	27,2	29,8	0,59
				Moyenne:	**0,62**

ANNEXE E.2

Tableaux des résultats de l'analyse

Tableau 1
Glissement d'une semi-remorque de 53 pieds 2 essieux, sur pavé sec

		Puissance de freinage du chariot élévateur (en pource					
		100%			50%		
		Pente du site			Pente du site		
Capacité du chariot (lbs)	Type de données	0%	5%	10%	0%	5%	10%
6000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	5210	5113	5004	5845	5747	5636
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	4882	4945	4996	4394	4458	4510
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	4947	5113	5004	1237	1916	2588
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	0	508	1275	0	0	0
	Pourcentage de la force de friction utilisée	49%	56%	63%	12%	19%	26%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-
8000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	5773	5654	5522	6638	6518	6382
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	5964	6043	6106	5298	5377	5443
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	614	1325	2029	1645	2440	3226
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	5964	6043	6106	0	0	0
	Pourcentage de la force de friction utilisée	56%	63%	70%	14%	21%	27%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-
12000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	6796	6640	6469	8039	7883	7708
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	7858	7962	8046	6894	7000	7088
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	1616	2504	3381	2368	3370	4358
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	7858	7962	8046	0	0	0
	Pourcentage de la force de friction utilisée	65%	72%	79%	16%	23%	29%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-

Tableau 2
Glissement d'une semi-remorque de 53 pieds 2 essieux, sur pavé humide

		Puissance de freinage du chariot élévateur (en pource					
		100%			50%		
		Pente du site			Pente du site		
Capacité du chariot (lbs)	Type de données	0%	5%	10%	0%	5%	10%
6000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	3984	3910	3826	4470	4395	4310
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	4657	4717	4765	4191	4252	4302
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	289	904	1514	1237	1916	2588
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	4657	4717	4765	0	0	0
	Pourcentage de la force de friction utilisée	57%	65%	73%	14%	22%	30%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-
8000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	4415	4324	4222	5076	4984	4880
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	5689	5764	5824	5053	5129	5192
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	889	1604	2311	1644	0	0
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	5689	5764	5824	0	2440	3226
	Pourcentage de la force de friction utilisée	65%	73%	81%	16%	24%	32%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-
12000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	5197	5078	4947	6148	6028	5894
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	7495	7595	7675	6576	6677	6760
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	1978	2871	3752	0	0	0
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	7495	7595	7675	2369	3370	4358
	Pourcentage de la force de friction utilisée	75%	83%	91%	19%	27%	34%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-

Tableau 3
Glissement d'une semi-remorque de 53 pieds 2 essieux, sur pavé enneigé / glacé

		Puissance de freinage du chariot élévateur (en pource					
		100%			50%		
		Pente du site			Pente du site		
Capacité du chariot (lbs)	Type de données	0%	5%	10%	0%	5%	10%
6000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	919	902	883	1031	1014	995
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	1126	1141	1152	1014	1028	1041
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	919	902	883	1031	888	995
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	1126	1141	1152	205	1028	1041
	Pourcentage de la force de friction utilisée	**100%**	**100%**	**100%**	60%	**94%**	**100%**
	Force reprise par la barre ICC (kg)	**2900**	**3573**	**4243**	-	-	**553**
8000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	1019	998	974	1171	1150	1126
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	1376	1394	1409	1222	1241	1256
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	1019	998	974	422	1150	1126
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	1376	1394	1409	1223	1241	1256
	Pourcentage de la force de friction utilisée	**100%**	**100%**	**100%**	69%	**100%**	**100%**
	Force reprise par la barre ICC (kg)	**4184**	**4976**	**5752**	-	**49**	**843**
12000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	1199	1172	1142	1418	1391	1360
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	1813	1837	1856	1591	1615	1636
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	1199	1172	1142	778	1391	1360
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	1813	1837	1856	1591	1615	1636
	Pourcentage de la force de friction utilisée	**100%**	**100%**	**100%**	**79%**	**100%**	**100%**
	Force reprise par la barre ICC (kg)	**6461**	**7457**	**8429**	-	**364**	**1362**

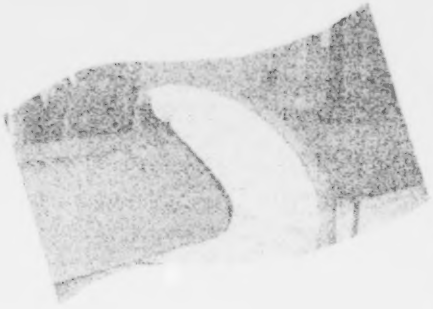
Tableau 4
Glissement d'une semi-remorque de 53 pieds et 2 essieux, sur gravier sec

		Puissance de freinage du chariot élévateur (en pource					
		100%			50%		
		Pente du site			Pente du site		
Capacité du chariot (lbs)	Type de données	0%	5%	10%	0%	5%	10%
6000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	3371	3308	3237	3782	3718	3647
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	4732	4794	4842	4259	4320	4371
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	214	828	1437	0	0	0
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	4732	4794	4842	1236	1916	2588
	Pourcentage de la force de friction utilisée	61%	69%	78%	15%	24%	32%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-
8000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	3736	3658	3573	4295	4217	4130
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	5781	5857	5918	5135	5212	5276
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	798	1511	2217	0	0	0
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	5781	5857	5918	1645	2440	3226
	Pourcentage de la force de friction utilisée	69%	77%	86%	17%	26%	34%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-
12000	Force de friction maximale pour les essieux (kg)	4397	4296	4186	5197	5097	4983
	Force de friction maximale à la béquille (kg)	7616	7717	7799	6681	6784	6869
	Force de friction réelle pour les essieux (kg)	1858	2749	3629	0	0	0
	Force de friction réelle à la béquille (kg)	7616	7717	7799	2368	3370	4358
	Pourcentage de la force de friction utilisée	79%	87%	95%	20%	28%	37%
	Force reprise par la barre ICC (kg)	-	-	-	-	-	-

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

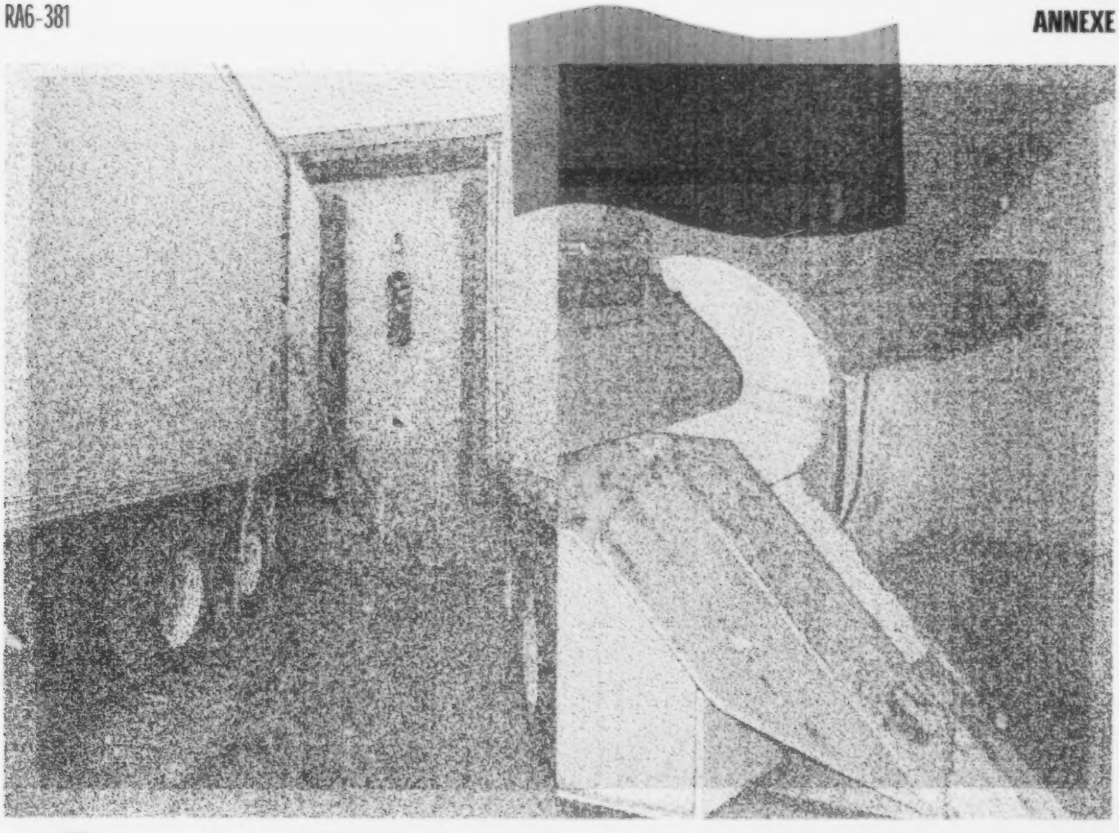
Étude du basculement d'une semi-remorque



François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA6-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Étude du basculement d'une semi-remorque

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE F

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

1 ÉLABORATION DU MODÈLE

1.1 Équation de base

Soit une semi-remorque ayant une masse M1 et un chariot élévateur ayant une masse M2. Nous considérons ici le basculement de la semi-remorque autour de la base des béquilles (point O). Le chariot, en freinant (ou en accélérant pour reculer), génère une force en fonction de sa décélération (ou accélération). L'ensemble semi-remorque et chariot bascule si la réaction aux roues N est inférieure à zéro.

Si on considère la somme des moments autour du point « O » (voir figure 1):

$$\Sigma Mo = 0 = M1 \times d1 - M2 \times d2 + Ffreinage \times Y - N \times d3$$

où : M1 = masse de la semi-remorque
M2 = masse du chariot
N= force de réaction au sol sous les roues

D'où,

$$N = (M1 \times d1 - M2 \times d2 + M2 \times acc \times Y) / d3$$

Si la réaction aux roues «N» est négative, cela signifie que la semi-remorque est instable. Il y a donc basculement ou début de basculement de la semi-remorque. Si la réaction aux roues «N» est positive, cala signifie que la semi-remorque est stable.

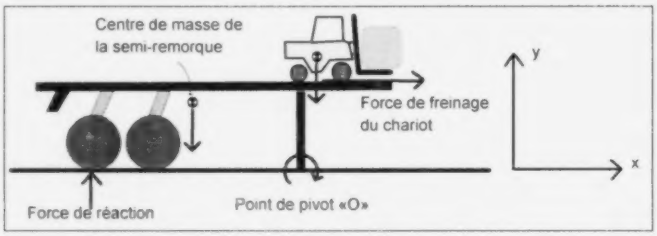


Figure 1. Schéma des forces en jeu

1.2 Définition des variables d'entrées utilisées

1.2.1 Semi-remorque

Soit une semi-remorque dont les variables sont résumées au tableau 1.

Tableau 1

Variables de la semi-remorque

Variable	Définition	Unités
LIFTMU	Coefficient de friction correspondant au type de plancher de la semi-remorque	Aucune
h	Hauteur du plancher de la semi-remorque	m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	m
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	m
M1	Masse totale de la semi-remorque vide	Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque vide par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque vide par rapport au sol	m
k	Constante de ressort de la suspension (pour un essieu)	N/m
c	Constante d'amortissement de la suspension (pour un essieu)	N *sec/m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	Aucune

1.2.2 Chariot élévateur

Soit un chariot élévateur standard à deux essieux et quatre roues avec fourches à l'avant dont les paramètres sont définis au tableau 2.

Tableau 2

Variables du chariot élévateur

Variable	Définition	Unités
LIFTCAP	Capacité du chariot	Kg
V	Vitesse maximale du chariot élévateur en charge	m/sec
LIFTW	Masse du chariot élévateur vide (sans marchandises)	Kg
LIFTCGLOAD	Position du centre de gravité de la charge en X à partir des roues avant du chariot	m
LIFTCGLOADY	Position du centre de gravité de la charge en Y à partir du sol	m
LIFTC	Longueur des fourches à partir des roues avant du chariot	m
LIFTCGX0	Position du centre de gravité du chariot vide à partir des roues avant du chariot	m
LIFTCGY0	Position du centre de gravité en Y du chariot vide à partir du sol	m
LIFTSTOP	Position d'arrêt du chariot sur la semi-remorque à partir de l'essieu arrière de la semi-remorque	m

1.2.3 Quai de transbordement

Le tableau 3 résume les variables utilisées pour décrire le quai de transbordement.

Tableau 3

Variable du quai de transbordement

Variable	Définition	Unités
Muz	Coefficient de friction entre pneus de la semi-remorque et le sol (en fonction du type de revêtement et des conditions au sol)	aucune
Mu1	Coefficient de friction entre les pattes de la béquille et le sol (en fonction du type de revêtement et des conditions au sol)	aucune
Teta	Pente de l'accès au quai (positif : pente vers l'extérieur, négatif : pente vers le quai)	Pourcentage (%)

1.2.4 Charge de la semi-remorque

Les trois variables définies au tableau 4 sont utilisées pour modéliser la marchandise déjà présente dans la semi-remorque.

Tableau 4

Variables des marchandises

Variable	Définition	Unités
Charge	Masse de la marchandise dans la semi-remorque	Kg
X3	Position du centre de gravité de la charge en X à partir de l'essieu arrière de la semi-remorque	m
Y3	Position du centre de gravité de la charge en Y à partir du plancher de la semi-remorque	m
Ce	Encombrement de la charge à partir du fond de la semi-remorque	m

1.3 Position maximum du chariot dans la semi-remorque

On détermine la position maximum du centre de gravité du chariot dans la semi-remorque en fonction des dimensions du chariot et de l'encombrement généré par la marchandise au fond de la semi-remorque.

Soit M2, la masse totale du chariot et sa charge ;

$$M2 = liftcap + liftw$$

La position du centre de gravité en X du chariot avec sa charge est calculé ainsi;

$$Liftcgx = (liftw * liftcgx0 + liftcap * liftcgload) / M2$$

La position du centre de gravité en Y à partir du plancher du chariot avec sa charge est calculé ainsi ;

$$Liftcgy = (liftcgy0 * liftw + liftcgloady * liftcap) / M2$$

D'où on déduit;

$$Y2 = liftcgy + h$$

Dans le cas du basculement, la position maximale du chariot est la variable liftstop;

$$Liftstop = Lt - e - Ce - liftc - liftcgx$$

1.4 Force horizontale générée par la décélération du chariot

Dans le cas présent, on considère une distance de freinage universelle fonction de la décélération maximale du chariot à sa vitesse maximale. Soit S la distance de freinage à pleine capacité.

$$a = V^2 / 2S$$

D'où,

$$S = V^2 / 2a$$

Où V est la vitesse avant freinage et a est la décélération du chariot. L'équation de l'accélération en fonction de la force est ;

$$F = m\,a$$
$$a = F / m$$

Où F est la force de décélération et M est la masse du chariot. En combinant les deux équations ;

$$S = M\,V^2 / 2\,F$$

On obtient donc l'équation suivante;

$$S = M2 * V^2 / 2 * Fmax * 9.81$$

La force de freinage maximale est déterminée en fonction de la force de friction statique que peut prendre le chariot en freinant sur le plancher de la semi-remorque.

Cette force équivaut à ;

$$Fmax = M2 * liftmu * Cos(teta)$$

Où liftmu est le coefficient de friction entre les pneus du chariot et le plancher de la semi-remorque. Lorsque la vitesse du chariot est diminué d'un certain pourcentage (pvit), on considère que la distance de freinage est la même que celle obtenue à pleine vitesse.

$$Ffreinage = M2\ (V*pvit)^2 / 2\ S$$

$$Ffreinage = M2\ (V\ pvit)^2\ 2\ Fmax / 2\ M2\ V^2$$

$$Ffreinage = pvit^2\ Fmax$$

Ce qui signifie que la force de freinage générée à un pourcentage de la vitesse maximale « pvit » est le produit de la force maximale de freinage à pleine vitesse et le carré de « pvit ».

$$Ffreinage = Fmax\ pvit^2$$

En combinant;

$$Ffreinage = \mathbf{M2 * liftmu * cos(teta) * pvit^2}$$

1.5 Calcul de la réaction aux pneus Nz

La réaction aux essieux est calculée pour avoir une idée de «l'intensité» du basculement, en réalité seul le signe (positif ou négatif) est utile pour le problème actuel. Si la semi-remorque possède plus d'un essieu, le problème devient hyperstatique, et des simplifications devront donc être apportées pour le résoudre simplement.

Nz est la réaction sur un essieu de semi-remorque. Pour une semi-remorque à un essieu, la distance considérée pour le calcul du moment est b. Pour une semi-remorque à deux essieux, la distance est (2b-d). Pour une semi-remorque à « Nes » essieux la distance est ;

$$Distance\ à\ considérer = Nes\ b - d\ (Nes / 2)\ (Nes - 1)$$

Les bras de levier pour chaque masse sont égaux à ;

$$Levier\ 1 = X1 - b + Y1\ Tan\ \theta$$
$$Levier\ 2 = liftstop - b + Y2\ Tan\ \theta$$
$$Levier\ pour\ force\ de\ freinage = Y2$$
$$Levier\ pour\ marchandise\ (Levier\ 3) = X3 - b + Y3\ Tan\ \theta$$

En considérant une semi-remorque sur une pente on peut déduire l'équation suivante ;

$$Nz = \frac{(- M1\ (Levier1) - M2\ (Levier\ 2) - Charge\ (Levier\ 3))\ Cos\ \theta - Ffreinage\ Y2}{Nes\ b - d\ (Nes / 2)\ (Nes - 1)}$$

D'où on peut tirer la réaction, Nz, pour un essieu. Si la réaction est inférieure à zéro, la semi-remorque bascule.

1.6 Efforts repris par la barre anti-encastrement

Lorsque la semi-remorque n'est plus appuyée sur ses roues, elle est en déséquilibre. Si l'on considère que la barre anti-encastrement est capable de retenir la semi-remorque dans un tel cas, nous devons donc calculer la réaction contre le basculement à la barre anti-encastrement. Cette réaction est définie par la somme des moments suivants;

$$Mo = 0 = -Nz\ (Nes\ b - d\ (Nes/2)\ (Nes-1)) - anti\text{-}encastrementY\ (e + b)$$

D'où on trouve,

$$anti\text{-}encastrementY = \frac{-Nz\ (Nes\ b - d\ (Nes/2)\ (Nes-1))}{(e + b)}$$

Dans le cas où Nz est inférieur à zéro.

2 RECHERCHE DE DONNÉES

2.1 Données sur les semi-remorques

Une recherche a été effectuée auprès de trois compagnies fabriquant des semi-remorques de type fourgon. Les compagnies sont Lufkin, Manac, et Stoughton. Selon les informations recueillies, les fabriquant offrent à peu près tous le même type de semi-remorque et les propriétés de poids et de dimensions sont sensiblement les mêmes d'une compagnie à l'autre. C'est pourquoi une semi-remorque Manac a été choisie comme modèle de base. Le modèle est une semi-remorque de 53 pieds avec deux essieux. Mme Josée Lessard, ingénieure chez Manac, nous a fournie les valeurs nécessaires pour pouvoir modéliser d'autres types de semi-remorques.

- Poids approximatif d'un ensemble d'essieux tandem : 4200 lbs
- Poids approximatif d'un essieu supplémentaire : 2000 lbs
- Poids approximatif d'un ensemble d'essieu simple : 2200 lbs
- Semi-remorque de 53 pieds sans essieu (seulement le fourgon) : 10250 lbs
- La position du centre de gravité d'un fourgon sans essieu est approximativement au centre de ce dernier.

Avec ces données, cinq types de semi-remorques on été créés pour les modélisations :

- 53 pieds 2 essieux tableau 5
- 53 pieds 3 essieux tableau 6
- 48 pieds 4 essieux tableau 7
- 45 pieds 2 essieux tableau 8
- 32 pieds 1 essieu tableau 9

2.1.1 Semi-remorque 53 pieds 2 essieux

Tableau 5

Valeurs utilisées pour définir une semi-remorque de 53 pieds et 2 essieux

Variable	Définition	Valeur
h	Hauteur de la plate-forme	1.37 m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	16.15 m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	1.25 m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	2.15 m
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	10.35 m
M1	Masse totale de la semi-remorque vide	6575 Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque vide par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	4.37 m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque vide par rapport au sol	1.05 m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	2

2.1.2 Semi-remorque 53 pieds 3 essieux

Tableau 6

Valeurs utilisées pour définir une semi-remorque de 53 pieds et 3 essieux

Variable	Définition	Valeur
h	Hauteur de la plate-forme	1.37 m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	16.15 m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	1.25 m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	1.52 m
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	10.98 m
M1	Masse totale de la semi-remorque vide	7498 Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque vide par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	4.55 m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque vide par rapport au sol	1.05 m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	3

Détail des calculs

- Évaluation du poids du fourgon : 4666 kg
- Poids de l'ensemble des trois essieux : 2818 kg
- Poids total de la semi-remorque = 2818 kg + 4666 kg = 7498 kg
- Position du CG du fourgon = Lt / 2 = 16.15 m / 2 = 8.08 m
- Position du CG de l'ensemble des essieux = d + e = 1.25 m + 1.52 m = 2.77 m

$$CG = \frac{4666 \times 8.08 + 2818 \times 2.77}{(4666 + 2818)}$$

CG = 6.07 m à partir de l'arrière de la semi-remorque
À partir de l'essieu arrière = 6.07 m – 1.52 m = **4.55 m**

2.1.3 Semi-remorque 48 pieds 4 essieux

Tableau 7

Valeurs utilisées pour définir une semi-remorque de 48 pieds et 4 essieux

Variable	Définition	Valeur
h	Hauteur de la plate-forme	1.37 m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	14.63 m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	1.25 m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-	0.76 m

	remorque	
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	10.2 m
M1	Masse totale de la semi-remorque vide	7954 Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque vide par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	4.66 m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque vide par rapport au sol	1.05 m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	4

Détail des calculs

- Évaluation du poids du fourgon = 4666 kg x (48/53) = 4226 kg
- Poids de l'ensemble des trois essieux : 2818 kg
- Poids de l'essieu supplémentaire : 1000 kg
- Masse totale de la semi-remorque = 1000 + 2818 + 4226 = 7954 kg
- Position du CG du fourgon = Lt / 2 = 14.63 m / 2 = 7.32 m
- Position du CG de l'ensemble des essieux = d + e = 1.25 m + 0.76 m = 2.01 m
- Position du CG de l'essieu supplémentaire : 6.5 m

$$CG = \frac{4226 \times 7.32 + 2818 \times 2.01 + 1000 \times 6.5}{(4226 + 2818 + 1000)}$$

CG = 5.42 m à partir de l'arrière de la semi-remorque
À partir de l'essieu arrière = 5.42 m – 0.76 m = **4.66 m**

2.1.4 Semi-remorque 32 pieds 1 essieu

Tableau 8

Valeurs utilisées pour définir une semi-remorque de 32 pieds et 1 essieux

Variable	Définition	Valeur
h	Hauteur de la plate-forme	1.37 m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	9.75 m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	1.25 m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	0.76 m
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	5.33 m
M1	Masse totale de la semi-remorque vide	3816 Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque vide par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	3.04 m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque vide par rapport au sol	1.05 m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	1

Détail des calculs

- Évaluation du poids du fourgon = 4666 kg x (32/53) = 2816 kg
- Masse de l'ensemble essieu simple : 1000 kg
- Masse totale de la semi-remorque = 1000 + 2816 = 3816 kg
- Position du CG du fourgon = Lt / 2 = 9.75 m / 2 = 4.88 m
- Position du CG de l'ensemble essieu simple = e = 0.76 m

$$CG = \frac{2816 \times 4.88 + 1000 \times 0.76}{(2816 + 1000)}$$

CG = 3.8 m à partir de l'arrière de la semi-remorque
À partir de l'essieu arrière = 3.8 m – 0.76 m = **3.04 m**

2.1.5 Semi-remorque 45 pieds 2 essieux

Tableau 9

Valeurs utilisées pour définir une semi-remorque de 45 pieds et 2 essieux

Variable	Définition	Valeur
h	Hauteur de la plate-forme	1.37 m
Lt	Longueur totale de la semi-remorque	13.71 m
d	Distance entre les essieux de la semi-remorque	1.25 m
e	Position de l'essieu arrière par rapport à l'arrière de la semi-remorque	1.52 m
b	Position de la béquille par rapport à l'essieu arrière de la semi-remorque	8.53 m
M1	Masse totale de la semi-remorque vide	5870 Kg
X1	Position du centre de gravité en X de la semi-remorque vide par rapport à l'essieu arrière de celle-ci	3.8 m
Y1	Position du centre de gravité en Y de la semi-remorque vide par rapport au sol	1.05 m
Nes	Nombre d'essieux sur la semi-remorque	1

Détail des calculs

- Évaluation du poids du fourgon : 4666 kg x (45/53) = 3961 kg
- Poids de l'ensemble des deux essieux : 1909 kg
- Poids total de la semi-remorque = 1909 kg + 3961 kg = 5870 kg
- Position du CG du fourgon = Lt / 2 = 13.71 m / 2 = 6.86 m
- Position du CG de l'ensemble des essieux = d/2 + e = 1.25 m / 2 + 1.52 m = 2.145 m

$$CG = \frac{3961 \times 6.86 + 1909 \times 2.15}{5870}$$

CG = 5.33 m à partir de l'arrière de la semi-remorque

À partir de l'essieu arrière = 5.33 m – 1.52 m = **3.8 m**

2.2 Données sur les chariots élévateurs

Les chariots élévateurs considérés pour cette étude sont des chariots à moteur à combustion interne avec pneus à bandage plein. Ce sont généralement le type de chariot que l'on retrouve pour le transbordement de marchandise dans les fourgons. Après une recherche auprès de différentes compagnies, on a constaté que tous les chariots de capacité équivalente ont des propriétés semblables. C'est pourquoi un seul constructeur a été choisi pour modéliser toute la gamme des chariots. Le constructeur retenu est Toyota.

Six différents modèles de cette compagnie ont été retenus. Les caractéristiques qui serviront à les définir sont résumées aux tableaux 10 à 15.

2.2.1 Données sur chariots élévateurs à combustion interne

Tableau 10

Modèle 7FGCU18 (3 500 lbs)

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU18**
Capacité	1588 Kg (3500 lbs)
Vitesse en charge	17.5 Km/h
Masse du chariot	2907.5 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.75 m
Centre de gravité du chariot vide (en X)	0.735 m
Centre de gravité du chariot vide (en Y)	0.5 m
Longueur des fourches	1.47 m

Tableau 11

Modèle 7FGCU30 (6 000lbs)

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU30**
Capacité	2721 Kg (6000 lbs)
Vitesse en charge	17 Km/h
Masse du chariot	4346 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.05 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.735 m
Centre de gravité du chariot vide (en X)	0.967 m
Centre de gravité du chariot vide (en Y)	0.55 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.52 m

Tableau 12

Modèle 7FGCU35 (8 000lbs)

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU35**
Capacité	3629 Kg (8000 lbs)

Vitesse en charge	19 Km/h
Masse du chariot	5770 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.065 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.709 m
Centre de gravité du chariot vide (en X)	1.007 m
Centre de gravité du chariot vide (en Y)	0.65 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.534 m

Tableau 13

Modèle 7FGCU45 (10 000lbs)

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU45**
Capacité	4536 Kg (10000 lbs)
Vitesse en charge	19 Km/h
Masse du chariot	6872 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.065 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.709 m
Centre de gravité du chariot vide (en X)	1.071 m
Centre de gravité du chariot vide (en Y)	0.65 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.534 m

Tableau 14

Modèle 7FGCU55 (12 000lbs)

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU55**
Capacité	5443 Kg (12000 lbs)
Vitesse en charge	20.9 Km/h
Masse du chariot	8092 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.131 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.725 m
Centre de gravité du chariot vide (en X)	1.135 m
Centre de gravité du chariot vide (en Y)	0.65 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.6 m

Tableau 15

Modèle 7FGCU60 (13 500lbs)

Marque et modèle	**Toyota 7FGCU60**
Capacité	6123 Kg (13500 lbs)
Vitesse en charge	20.9 Km/h
Masse du chariot	8650 kg
Centre de gravité de la charge (en X)	1.131 m
Centre de gravité de la charge (en Y)	0.725 m
Centre de gravité du chariot vide (en X)	1.16 m
Centre de gravité du chariot vide (en Y)	0.65 m (évaluation)
Longueur des fourches	1.6 m

2.3 Coefficient de friction entre les pneus du chariot élévateur et le plancher de la semi-remorque

On assumera que le coefficient de friction statique entre le plancher de la semi-remorque et des roues du chariot sera de 0,7.

Source : *www.new+.phys.unsw.edu.au/nepe/111/lecture...* (plus disponible)

3 ANALYSE

Pour l'étude sur le basculement, beaucoup de paramètres peuvent être modifiés. Cependant, seul quelques-uns seront utilisés et modifiés pour l'étude.

3.1 Conditions retenues

L'étude est divisée en cinq sections, soit cinq types de semi-remorques.

1- semi-remorque 53 pieds 2 essieux
2- semi-remorque 53 pieds 3 essieux
3- semi-remorque 48 pieds 4 essieux
4- semi-remorque 32 pieds 1 essieu
5- semi-remorque 45 pieds 2 essieux

Dans chaque section, il y a deux conditions de chargement ;
- une sans chargement à bord de la semi-remorque ;
- l'autre avec un chargement de 1000 kg avec un encombrement correspondant de 1 mètre. (charge de 500 kg pour le modèle 32 pieds)

Pour chaque cas de chargement, il existe trois puissances de freinage (ou vitesse initiale).

I- 100% de la puissance de freinage du chariot en pleine charge,
II- 50% de la puissance
III- 25% de la puissance

Dans chaque tableau, on étudie six types de chariots, 3500, 6000, 8000, 10000, 12000, et 13500 livres de capacité. Ces chariots sont reconnus comme étant les plus courants sur le marché. De plus, à partir de 13500 livres, il y a danger d'endommager la semi-remorque. Finalement, on fait varier la pente du site entre les valeurs de –10% et 10%. On considère que dépassé une pente de 10% (positive ou négative), le site de transbordement est hors de l'étendue de notre étude.

Les tableaux des résultats se retrouvent à la fin de la présente annexe.

3.2 Analyse des résultats

3.2.1 Influence du type de semi-remorque et de sa géométrie

Premièrement, on observe que pour la semi-remorque de 53 pieds à trois essieux il n'y a aucun cas où elle est susceptible de basculer. On peut donc l'éliminer de notre étude car elle prouve que pour une semi-remorque de 53 pieds ayant trois essieux ou plus, il n'y a (en théorie) aucun danger de basculement.

Pour le cas classique et le plus répandu de la semi-remorque de 53 pieds à deux essieux, on observe que la semi-remorque sera instable pour des chariots élévateurs de 10000 livres et plus. Par contre, ces données ont été calculées à pleine vitesse du chariot, soit à environ 20 km/h. Pour des conditions plus réalistes, soit à 50% de la vitesse maximum, il n'y a pas, en théorie, de possibilités de basculement. Nous pouvons donc dire que les semi-remorques de 53 pieds deux essieux sont stables en condition normale de freinage.

Pour la semi-remorque de 48 pieds à quatre essieux, on observe sensiblement les même conditions. À 50% de la vitesse du chariot, il n'existe aucune possibilité de basculement.

Tel qu'on peut le constater sur les tableaux des résultats, les semi-remorques de 32 pieds à un essieu sont particulièrement à risque. Même à 25% de la vitesse maximum d'un chariot de 3500 livres de capacité, le basculement est inévitable. Si la barre anti-encastrement devait reprendre les efforts causés par le basculement, elle aurait à supporter près de 1500 kg (3300 lbs) pour un chariot de 6000 livres. L'entrée d'un chariot élévateur dans une semi-remorque de ce type est donc peu recommandable sans dispositif de sécurité pour la retenir.

Pour fins de vérification, un essai supplémentaire a été effectué sur une semi-remorque hypothétique de 45 pieds avec deux essieux. À 50% de la vitesse, et ce pour des chariots à partir de 10000 livres de capacité, il existe une possibilité de basculement. Si on compare avec la semi-remorque de 53 pieds avec le même nombre d'essieux, on remarque une nette détérioration de la stabilité en diminuant seulement de 8 pieds de longueur. En conclusion, plus la semi-remorque est courte, plus il y a danger de basculement pour ce type de semi-remorque.

3.2.2 Les efforts repris par la barre anti-encastrement

Les efforts maximum sont ceux générés par la semi-remorque de 32 pieds. À 50% de la vitesse, on peut atteindre des efforts de 4439 kg à la barre anti-encastrement.

3.2.3 Effet de la pente du site sur les résultats

La variation de l'effort repris par la barre anti-encastrement peu aller jusqu'à 1100kg entre -10% et 10% de pente. Cette variation est fonction du poids du chariot élévateur. Plus le chariot est lourd, plus l'effet sur la variation de la pente est perceptible.

4 CONCLUSION

Un bref retour sur les résultats obtenus par simulation nous permet de dire qu'il existe une multitude de cas possible. Néanmoins, il reste des cas très courants où les dangers de basculements sont très grands. Un point important à retenir est que la semi-remorque de 53 pieds à deux essieux ou plus ne représente potentiellement aucun danger de basculement à priori. Par contre, une attention toute particulière doit être apportée à une semi-remorque plus courte comportant deux essieux ou moins. On remarque que selon les résultats, les risques de basculement sont élevés. Il est important de noter aussi l'ordre de grandeur des efforts repris par la barre anti-encastrement. Ce sont des efforts qui peuvent varier entre 1000 kg et 4439 kg dans les cas les plus courants. Mais rien ne nous dit que la barre est capable de reprendre ces efforts sans se détériorer ou se déformer.

Enfin, il faut souligner les limites de cette étude. En effet, tous les calculs ont été effectués avec un modèle simple qui n'est qu'une approximation de la réalité. Ensuite, les ordres de grandeur des données concernant les semi-remorques, la force de décélération et la pente, sont basés sur des cas réels mais ne représentent peut être pas tous les cas possibles.

5 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Automotive handbook (5 th edition). Bosch
2. Cyril M. Harris. Shock and vibration handbook (4th edition). Mc Graw-Hill
3. Haleenruy, Thierry. Les liaisons au sol, ETAI

Chariots élévateurs :

1. http://www.tcmforklifts.com
2. http://www.hyster.co.uk
3. http://www.nissanforklifts.com

Semi-remorques

1. Ministère des transports du Québec :
   http://www.mtq.gouv.qc.ca/marchandises/camionage/charges/normes.htm
2. http://www.greatdanetrailers.com
3. http://www.stoughtontrailers.com
4. http://www.canammanac.com/manac.nsf/Francais!OpenPage

Tableaux des résultats de l'analyse

Tableau 1 A
Remorque 53 pieds 2 essieux
Sans charge à bord
Position de la béquille 10,37 mètres
100% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	3	123
12000	99	239	375	516	652
13500	412	563	712	860	1005

Tableau 1 B
Remorque 53 pieds 2 essieux
Avec charge de 1000 kg à bord (avec un mètre d'encombrement)
Position de la béquille 10,37 mètres
100% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	0	0
12000	0	0	0	0	0
13500	0	0	0	0	88

Tableau 2 A
Remorque 53 pieds 3 essieux
Sans charge à bord
Position de la béquille 10,98 mètres
100% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	0	0
12000	0	0	0	0	0
13500	0	0	0	0	0

Tableau 3 A
Remorque 53 pieds 3 essieux
Avec charge de 1000 kg à bord (avec un mètre d'encombrement)
Position de la béquille 10,98 mètres
100% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	0	0
12000	0	0	0	0	0
13500	0	0	0	0	0

Tableau 3 A

Remorque 48 pieds 4 essieux
Sans charge à bord
Position de la béquille 10,2 mètres
100% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	0	0
12000	0	0	20	185	348
13500	53	227	404	580	756

Tableau 3 B

Remorque 48 pieds 4 essieux
Avec charge de 1000 kg à bord (avec un mètre d'encombrement)
Position de la béquille 10,2 mètres
100% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	0	0
12000	0	0	0	0	0
13500	0	0	0	0	0

Tableau 4 A III
Remorque 32 pieds 1 essieu
Sans charge à bord
Position de la béquille 5,33 mètres
25% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur (lbs)	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	41	147	253	358
6000	614	764	914	1061	1204
8000	1256	1452	1644	1832	2015
10000	1825	2057	2284	2506	2718
12000	2287	2557	2822	3079	3326
13500	2662	2949	3235	3512	3784

Tableau 4 B III
Remorque 32 pieds 1 essieu
Avec charge de 500 kg à bord (avec un mètre d'encombrement)
Position de la béquille 5,33 mètres
25% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur (lbs)	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	72	187	300
6000	101	258	415	571	724
8000	363	564	763	960	1154
10000	605	840	1073	1304	1530
12000	721	993	1263	1530	1791
13500	887	1181	1473	1761	2042

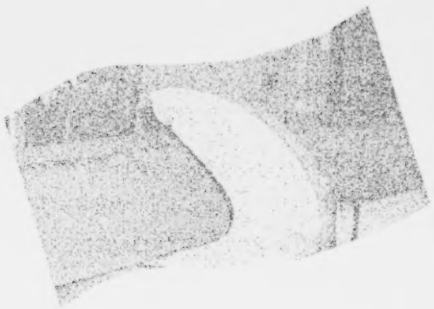
Tableau 5 A III
Remorque 45 pieds 2 essieux
Sans charge à bord
Position de la béquille 8,53 mètres
25% de la puissance maximum de freinage du chariot

Capacité du chariot élévateur	Réaction contre le basculement à la barre ICC (en kg)				
(lbs)	Pente du site (pourcentage)				
	-10	-5	0	5	10
3500	0	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0
10000	0	0	0	0	0
12000	0	0	0	0	0
13500	0	0	0	0	0

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

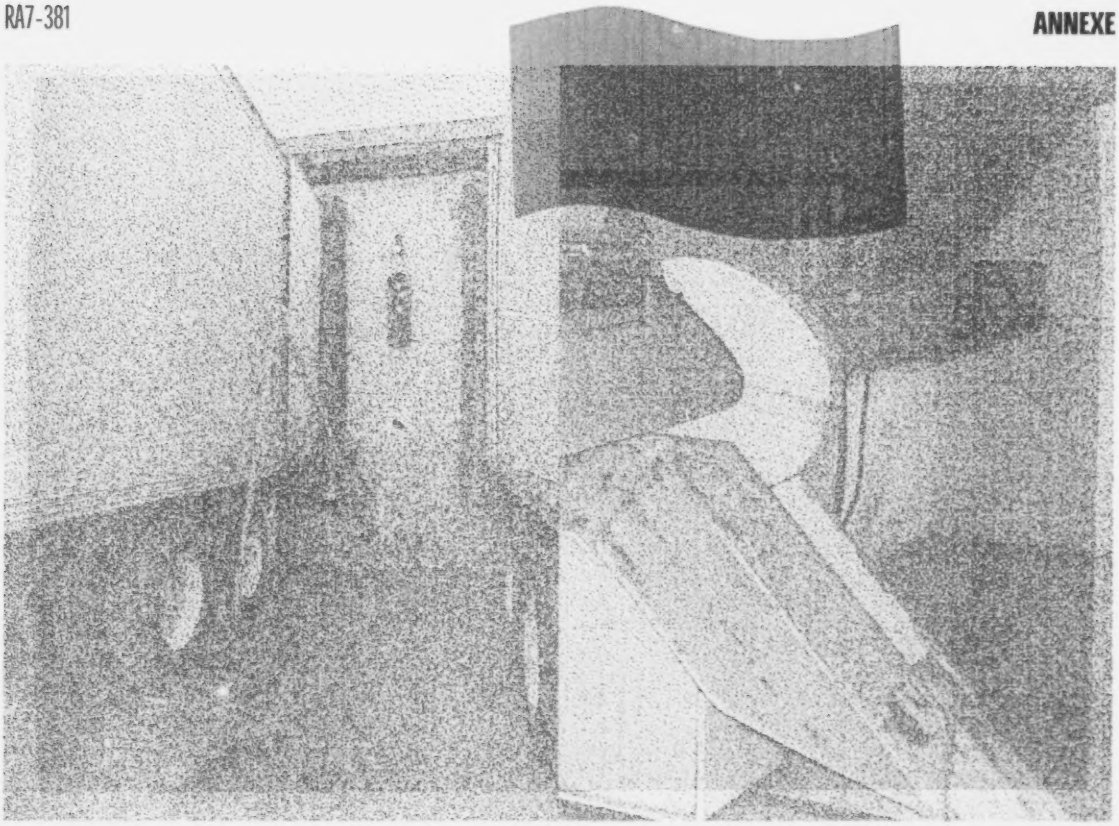
Étude par éléments finis de la résistance des barres anti-encastrement



François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA7-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Étude par éléments finis de la résistance des barres anti-encastrement

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE G

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Table des matières

1 ÉCHANTILLONNAGE DES BARRES ANTI-ENCASTREMENT 3

1.1 TYPES DE SECTIONS DES BARRES ANTI-ENCASTREMENT 3
1.2 INFORMATIONS RECUEILLIES 3

2 ÉTUDE PAR ÉLÉMENTS FINIS 5

2.1 SECTIONS RETENUES POUR L'ÉTUDE 5
2.1.1 Profilé carré : 5
2.1.2 Profilé rectangulaire : 5
2.1.3 Profilé en «C» (channel) : 5
2.1.4 Types d'attaches : 5
2.2 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE 5
2.2.1 Étude sur un profilé en « C » 6
2.2.2 Étude sur un profilé carré 8
2.2.3 Étude sur un profilé rectangulaire 10
2.2.4 Étude sur un profilé carré renforcit 12
2.3 CAS D'UN IMPACT 13

3 ANALYSE DES RÉSULTATS 15

3.1 FORCE MAXIMALE 15
3.2 CAS D'UN IMPACT 15

1 ÉCHANTILLONNAGE DES BARRES ANTI-ENCASTREMENT

1.1 Types de sections des barres anti-encastrement

Une étude américaine réalisée sur les barres anti-encastrement[1] a recensé les différentes sections des barres. Les résultats sont les suivants :

1. Barres carrées (33.4 %)
2. Fer en "C" (21.5 %)
3. Barres rectangulaires (14.9 %)
4. Assemblages (14. 9 %)
5. Barres en « I » (7.2 %)
6. Barres rondes (2.2 %)

1.2 Informations recueillies

Des données sur 11 semi-remorques types ont été relevées dans deux cours différentes de compagnies de transport. Un peu plus d'une centaine de semi-remorques ont été observées et les données relatives aux différents modèles ont été notées dans le tableau 1.

[1] American Trucking Associations (1996). Results of underride guard surveys. Rapport interne

Tableau 1 : Les différents modèles de barres anti-encastrement recensées durant l'étude

No.	Type	Dimensions de la section mm [pouces]	Marque (année fabrication)	Longueur mm [pouces]	Distance entre les attaches mm [pouces]	Hauteur mm [pouces]	Suspension	État[2] (1 à 5)
1	Carré	102 x 102 [4 x 4]	–	2286 [90]	1245 [49]	533 [21]	Air	5
2	Carré	102 x 102 [4 x 4]	Trailmobile	2388 [94]	1219 [48]	381 [15]	Air	5
3	Profilé en «C»	102 x 38 [4 x 1½]	–	1854 [73]	1270 [50]	610 [24]	Ressort	1
4	Carré	102 x 102 [4 x 4]	Trailmobile (2001)	2400 [94 ½]	1219 [48]	419 [16 ½]	Ressort	5
5	Carré	102 x 102 [4 x 4]	Trailmobile (1999)	2489 [98]	1219 [48]	483 [19]	Air	5
6	Profilé en «C»	102 x 38 [4 x 1½]	Manac (1986)	1702 [67]	1245 [49]	432 [17]	Ressort	3
7	Profilé en «C»	152.5 x 51 [6 x 2]	Trailmobile	1676 [66]	1105 [43 ½]	660 [26]	Ressort	3
8	Rectangle	127 x 76.2 [5 x 3]	Manac	2388 [94]	1245 [49]	457 [18]	Air	5
9	Carré	127 x 127 [5 x 5]	Manac	2438 [96]	1016 [40]	457 [18]	Air	5
10	Rectangle	102 x 76.2 [4 x 3]	Fruehauf (1985)	1727 [68]	1118 [44]	533 [21]	Ressort	5
11	En 'I'	102 x 57 [4 x 2-1/4] (3/32 âme, 1/8 fer plat)	–	1676 [66]	1016 [40]	–	Ressort	2

Au cours de l'étude effectuée par l'équipe de recherche, les sections les plus répertoriées ont été les sections carrées, rectangulaires et en forme de «C». Ce seront donc ces trois types de sections qui seront utilisées pour les modélisations suivantes.

[2] L'état est une estimation de l'état des barres effectuée par les chercheurs ayant fait le recensement. Une note de 1 signifie une barre en mauvais état alors que 5 signifie une barre en parfaite condition.

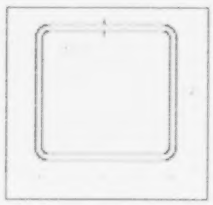
2 ÉTUDE PAR ÉLÉMENTS FINIS

2.1 Sections retenues pour l'étude

Voici la description des différentes sections qui ont été retenues pour les modélisations.

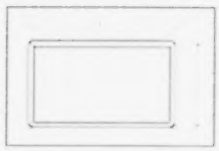
2.1.1 Profilé carré :

Dimensions : 100 x 100 mm (4"x 4")
Épaisseur : 4.76 mm (3/16")



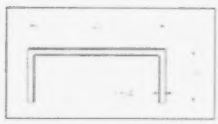
2.1.2 Profilé rectangulaire :

Dimensions : 127 x 76 mm (5" x 3")
Épaisseur : 4.76 mm (3/16 ")



2.1.3 Profilé en «C» (*channel*) :

Identification : C4 X 5.4
Dimensions : 100 x 40 mm pouces (4" x 1.584")
Épaisseur : 4.67 mm (0.184")



2.1.4 Types d'attaches :

Trois types d'attaches ont été retenus pour l'étude. Le profilé en «C» a son propre système d'attache alors que les barres carrées et rectangulaires s'attachent de la même façon. Pour compléter l'étude, un type d'attache avec renforts a été étudié sur les barres anti-encastrement de forme carré. Toutes les dimensions sont données à la fin de la présente annexe.

Le matériau utilisé lors des modélisations est de l'acier avec une limite élastique de 44 000 psi.

2.2 Résultats de l'étude

Pour tous les types de barres anti-encastrement, une seule condition de chargement a été retenue. Il s'agit du cas où le camion effectue un départ inopiné sans que le système de retenue ne soit enlevé. Une charge est donc appliquée sur une certaine surface au centre de la barre anti-encastrement.

La charge est appliquée sur toute la hauteur de la barre anti-encastrement sur une largeur de 2 pouces. Ce cas d'application représente une majorité des dispositifs de retenue.

2.2.1 Étude sur un profilé en « C »

Dans le premier cas, une charge de 30 000 livres a été appliquée sur la barre.

Cette charge de 30 000 lbs représente la force pour laquelle une bonne partie des manufacturiers de dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement garantissent leurs dispositifs. Cette force se rapproche également de la force maximale que peut exercer un tracteur.

Calculs préliminaires :
Supposons une force concentrée (ponctuelle) au milieu de la barre.

Sx = M c / I
Moment maximum = P L / 4
*Mmax = 30 000 lbs * 48 pouces / 4*
Mmax = 360 000 lbs x po

Sx= 360 000 x 2 / 3.66 po4
Sx= 196 597 lbs/po²

Résultats sur Cosmos/M (figure 1) : contrainte maximale de 205 000 lbs/po².

Donc la barre entrera en déformation plastique (permanente) à 303 Mpa (44 000 lbs/po^2) bien avant que les 133 KN (30 000 lbs) de pressions ne soient exercées sur la barre.

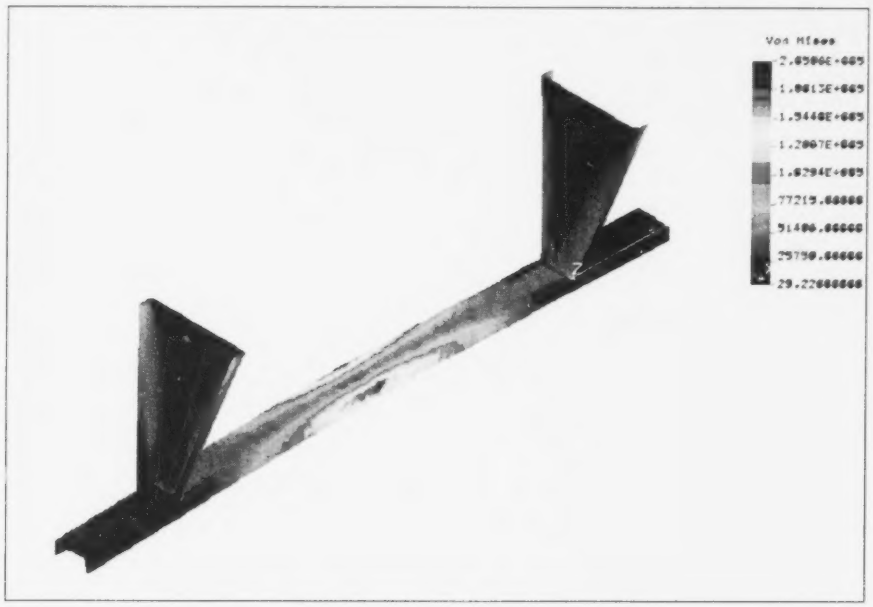


Figure 1: Fer en "C" avec une charge de 30 000 livres appliquée au centre.

Deuxième cas : charge respectant la contrainte maximale admissible.

L'étude tente de déterminer, par itération, la charge maximale que peut supporter la barre anti-encastrement avant de subir une déformation permanente (plastique).

$$S = \frac{P\,L\,c}{4\,I}$$

D'où,

$$P = 4\,S\,I / L\,c$$

$$P = \frac{4 \times 44\,000\ lbs/po^2 \times 3.66\ po4}{48\ po \times 2\ po}$$

P = 6710 lbs
On arrondit la charge à 6 500 lbs.

Résultats sur Cosmos/M : 44 000 lbs/po² de contrainte interne (fig. 2)

La barre se déformera de façon élastique jusqu'à la charge de 28.9 KN (6 500 lbs), puis se déformera de façon permanente si la charge exercée dépasse cette valeur.

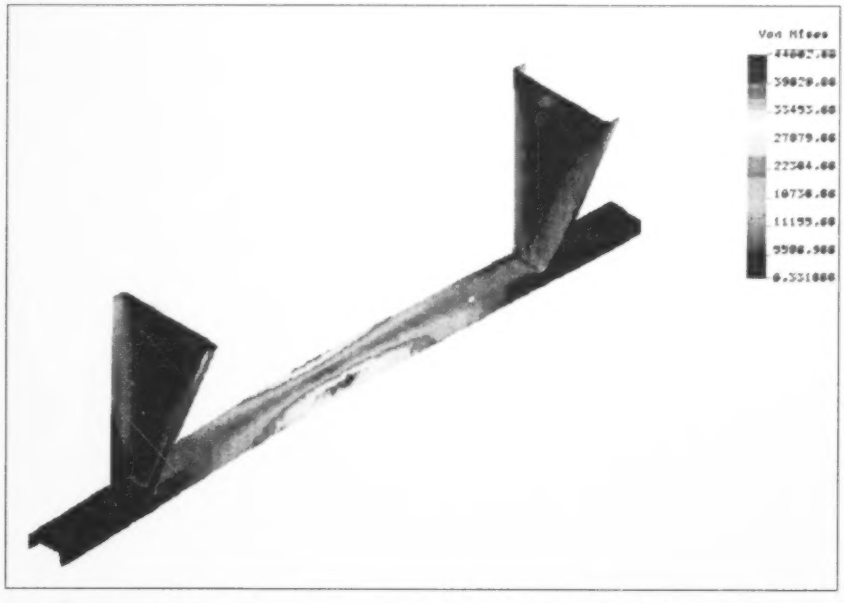


Figure 2: Fer en "C" avec une charge de 6 500 livres appliquée au centre

2.2.2 Étude sur un profilé carré

Premier cas, charge de 30 000 livres appliquée sur la barre.

Calculs préliminaires :
Supposons une force concentrée au milieu de la barre.

Sx = M c / I
Moment maximum = P L / 4
*Mmax = 30 000 lbs * 22 pouces / 4*
Mmax = 330 000 lbs x po

Sx= 330 000 x 2 / 6.59 po4
Sx= 100 083 psi

Résultats sur Cosmos/M : 100 500 lbs/po² (fig. 3)

Donc la barre entrera en déformation plastique (permanente) à 303Mpa (44 000 lbs/po$^{2)}$ bien avant que les 133 KN (30 000 lbs) de pressions ne soient exercées sur la barre.

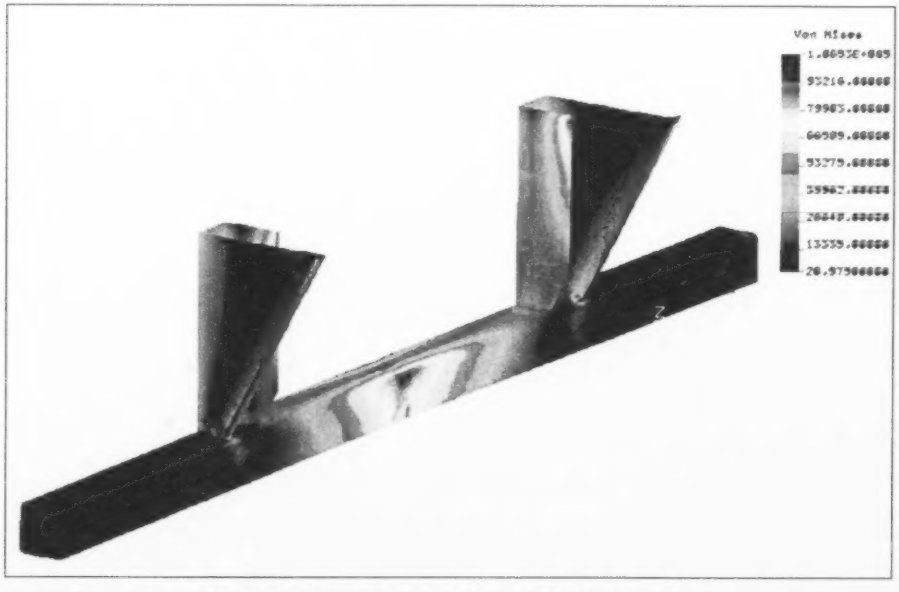


Figure 3: profilé carré avec une charge de 30 000 livres appliquée au centre

Deuxième cas : charge respectant la contrainte maximale admissible.

$$S = \frac{P L c}{4 I}$$

D'où,

$$P = 4 S I / L c$$

$$P = \frac{4 \times 44\,000 \text{ lbs/po}^2 \times 6.59 \text{ po4}}{44 \text{ po} \times 2 \text{ po}}$$

$$P = 13180 \text{ lbs}$$

On arrondit la charge à 13 000 lbs.

Résultats sur Cosmos/M : 44 100 lbs/po²

La barre se déformera de façon élastique jusqu'à la charge de 57.8 KN (13 000 lbs), puis se déformera de façon permanente si la charge exercée dépasse cette valeur.

2.2.3 Étude sur un profilé rectangulaire

Premier cas, charge de 30 000 livres appliquée sur la barre.

Calculs préliminaires :

Sx = M c / I
Moment maximum = P L / 4
*Mmax = 30 000 lbs * 22 pouces / 4*
Mmax = 330 000 lbs x po

Sx= 330 000 x 2.5 / 9.059 po4
Sx= 91 069 psi

Résultats sur Cosmos/M : 90 717 lbs/po² (fig. 4)

Donc la barre entrera en déformation plastique (permanente) à 303Mpa (44 000 lbs/po$^{2)}$ bien avant que les 133 KN (30 000 lbs) de pressions ne soient exercées sur la barre.

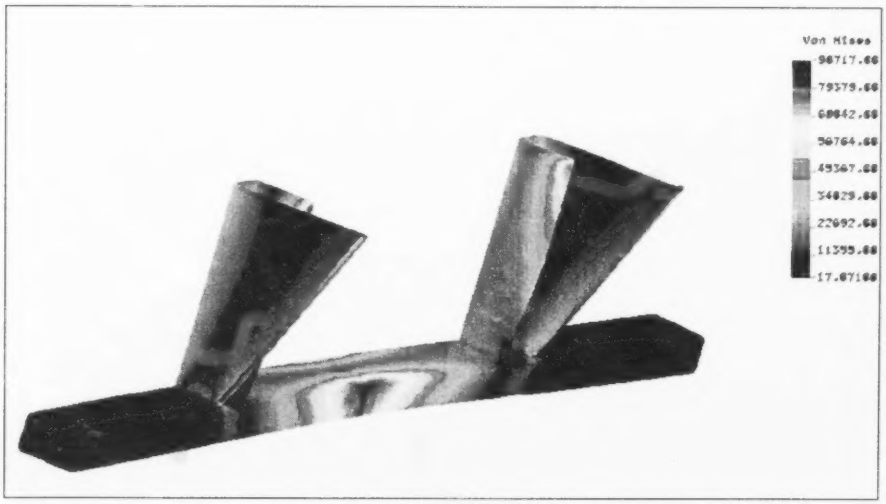


Figure 4: profilé rectangulaire avec une charge de 30 000 livres appliquée au centre

Deuxième cas : charge respectant la contrainte maximale admissible.

$$S = \frac{P L c}{4 I}$$

D'où,

P = 4 S I / L c

$$P = \frac{4 \times 44\,000\ lbs/po^2 \times 9.059\ po4}{44\ po \times 2\ po}$$

$$P = 14\,494\ lbs$$

On arrondit la charge à 14 000 lbs.

Résultats sur Cosmos/M : 42 300 lbs/po² (fig. 5)

La barre se déformera de façon élastique jusqu'à la charge de 62 KN (14 000 lbs), puis se déformera de façon permanente si la charge exercée dépasse cette valeur.

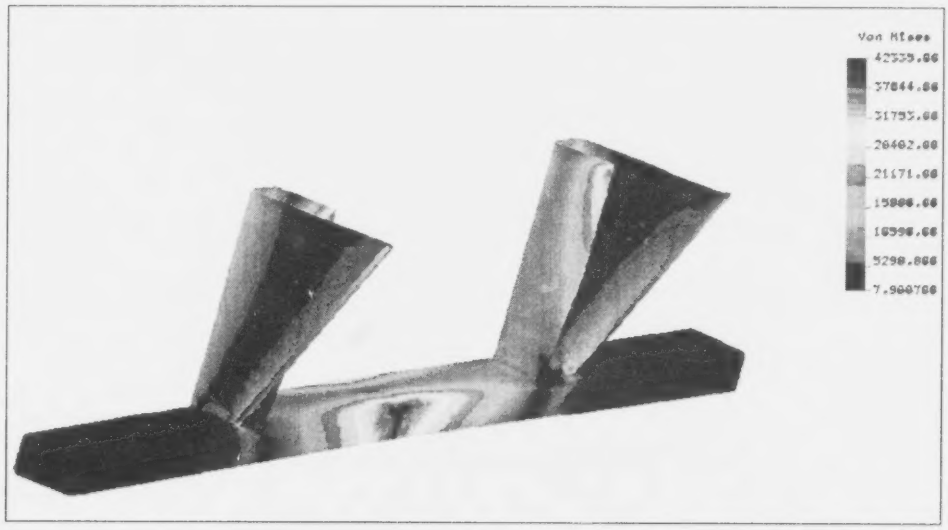


Figure 5: profilé rectangulaire avec une charge de 14 000 livres appliquée au centre

2.2.4 Étude sur un profilé carré renforcit

Premier cas, 30 000 livres appliquées, contraintes maximales, 76 759 lbs/po²

Donc la barre entrera en déformation plastique (permanente) à 303Mpa (44 000 lbs/po$^{2)}$ bien avant que les 133 KN (30 000 lbs) de pressions ne soient exercées sur la barre.

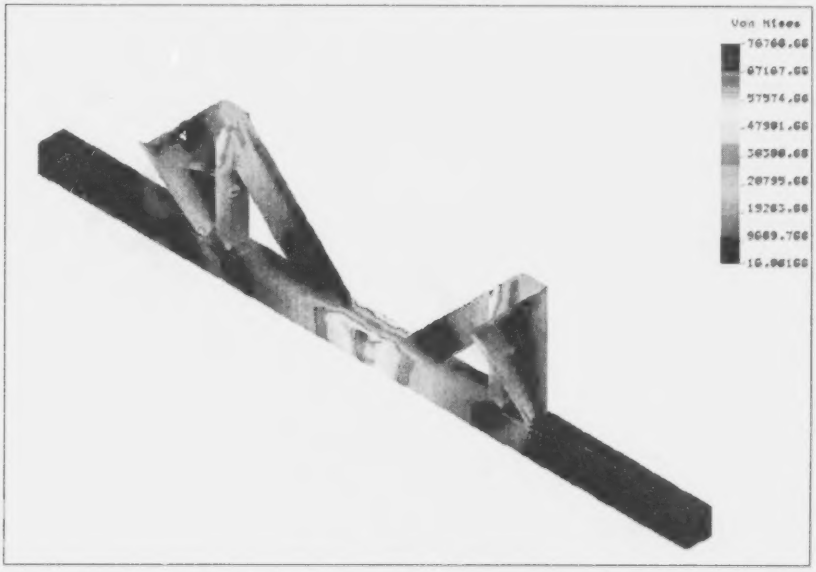


Figure 6: barre carrée renforcie avec une charge de 30 000 livres appliquée au centre

Deuxième cas : charge respectant la contrainte maximale admissible.

Après itérations, on trouve que la charge maximale admissible est d'environ de 17 500 lbs/po².

La barre se déformera de façon élastique jusqu'à la charge de 78 KN (17 500 lbs), puis se déformera de façon permanente si la charge exercée dépasse cette valeur.

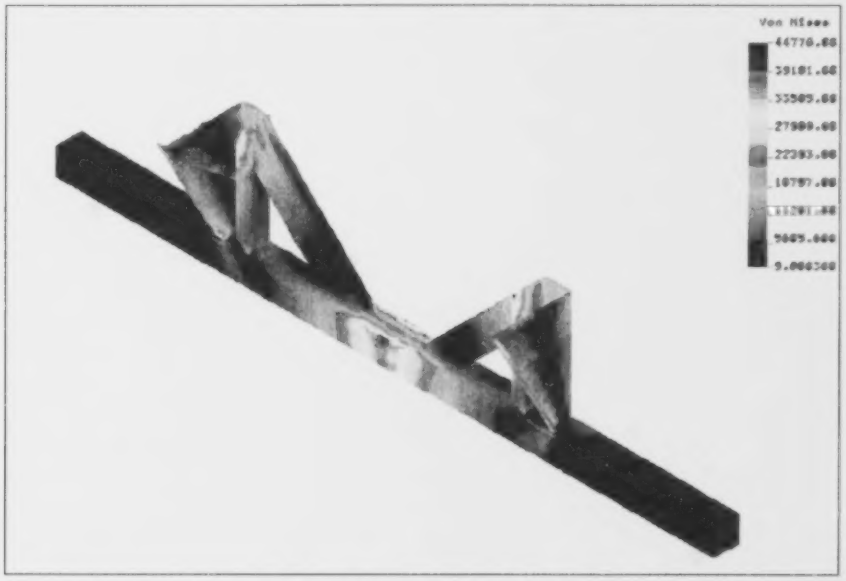


Figure 7: barre carrée renforcie avec une charge de 17 500 livres appliquée au centre

2.3 Cas d'un impact

La force liée à un impact a été évaluée à l'aide d'un extrait vidéo d'une publicité d'un dispositif. Cet extrait montre une barre qui se fait déformer par un impact résultant du départ inopiné de la semi-remorque sans que le système de retenue ne soit retiré. La distance qui séparait la barre du système de retenue avant l'impact était d'environ 100 mm. Le temps estimé pour franchir la distance séparant la barre du système est de 0,3 secondes.

La vitesse se calcule ainsi :

$V = ds/dt = 0,1m/0,3\ sec$
$V = 0,33\ m/sec$

La déformation du système lors de l'impact est évaluée à 25 mm.

Calcul de la décélération :

$V\ dv = a\ ds$

D'où,
$A = v\ dv / ds$

*A = 0,33 m/sec * 0,33 m/sec / 0,025 m*
A = 4.356 m/sec²

Force générée:

$$F = m\,a$$

Où m est la masse totale du camion en charge (le maximum permis par transport Québec est de 41 500 kg).

F = 41 500 kg x 4 356 m/sec²
F = 180 774 N

Ce qui équivaut à,

180774/9,81 ***= 18 427 kg (40 540 lbs)***

Il peut donc être accepté en première approximation que la force générée lors d'un impact avec un camion chargé au maximum est d'environ 40 000 lbs.

Par contre, si le camion était plus léger, sa masse totale pourrait être de 15 575 kg.

F = 15 575 kg x 4 356 m/sec²
F = 67 845 N

Ce qui équivaut à

67 845/9,81 ***= 6 916 kg (15 215 lbs)***

Il peut donc être accepté en première approximation que la force générée lors d'un impact avec un camion peu chargé est d'environ 15 000 lbs.

3 ANALYSE DES RÉSULTATS

3.1 Force maximale

La plupart des fabricants de systèmes de retenue de la barre anti-encastrement qui vendent leurs produits au Québec garantissent que leurs produits résistent à une force de 30 000 lbs ou plus. On peut donc conclure que pour une telle charge appliquée, c'est la barre anti-encastrement qui va rompre avant le système de retenue, et ce quel que soit le type de barre (carrée, en « C », etc.).

Nous pouvons dire que dans le meilleur des cas, la charge maximale que peut supporter une barre anti-encastrement sans se déformer irrémédiablement (plastiquement) de façon importante est d'environ 20 000 livres. Comme on peut le constater, cette valeur est inférieure à la capacité des systèmes de retenue.

Selon les vendeurs, les camions sont capables d'exercer une force de traction de 63 500 kg (140 000 livres). Par contre, selon les règlements du ministère des transports du Québec, la limite de charge pour l'essieu tandem (roues motrices) du tracteur de la semi-remorque est de 18 000 kg. Si on considère un pavé dans de bonnes conditions et bien adhérent, le coefficient de friction est d'environ 0,85. La force de friction maximale est donc d'environ 15 300 kg ou 33 660 livres.

Si le tracteur tire sa semi-remorque aux limites de la force de friction, dans ce cas, la barre anti-encastrement pourrait s'endommager de façon permanente et même céder. Il est donc théoriquement possible de briser la barre. Cependant, un conducteur peut, lorsqu'il appui sur l'accélérateur, ressentir que le camion est retenu. Dans ce cas, il pourrait bien décider de ne plus tirer et la force sur la barre s'en trouverait grandement diminuée. Il est donc difficile de prévoir ce qui va réellement se passer.

Si la semi-remorque est vide, la charge sur les roues motrices est de 6 274 kg. La force de friction correspondante est donc de 5 333 kg (11 731 lbs). À cette force, une barre anti-encastrement carrée ou rectangulaire devrait, en théorie, résister car leur limite de résistance est de l'ordre de 5 900 kg (13 000 lbs). Par contre, une barre en « C » se déformera.

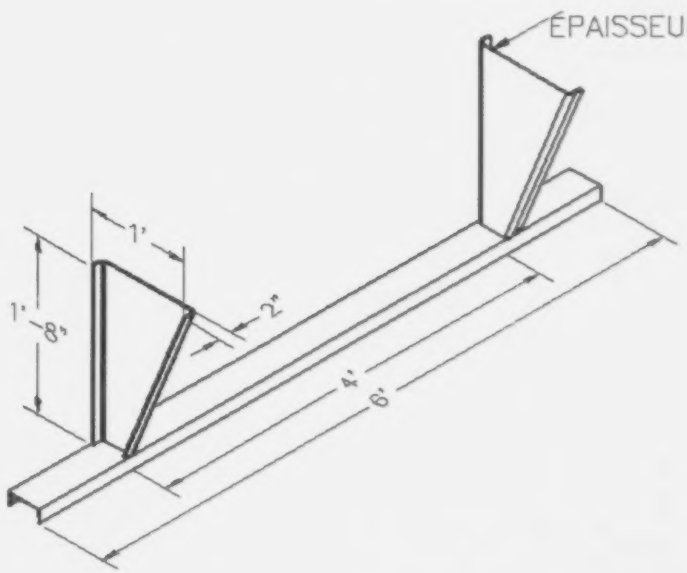
3.2 Cas d'un impact

Il est difficile de prévoir de quelle façon va se comporter la barre anti-encastrement lors d'un impact. Il est aussi difficile de prévoir quel sera le comportement du conducteur lors d'un départ inopiné. Selon des extraits vidéos, la force générée pourrait bien être de l'ordre de 18 150 kg (40 000 livres). Si tel est le cas, ni la barre anti-encastrement ni le système de retenue vont résister à un impact de cet ordre. Il y a cependant trop de variables en jeux pour dire que cette force d'impact soit vraisemblable.

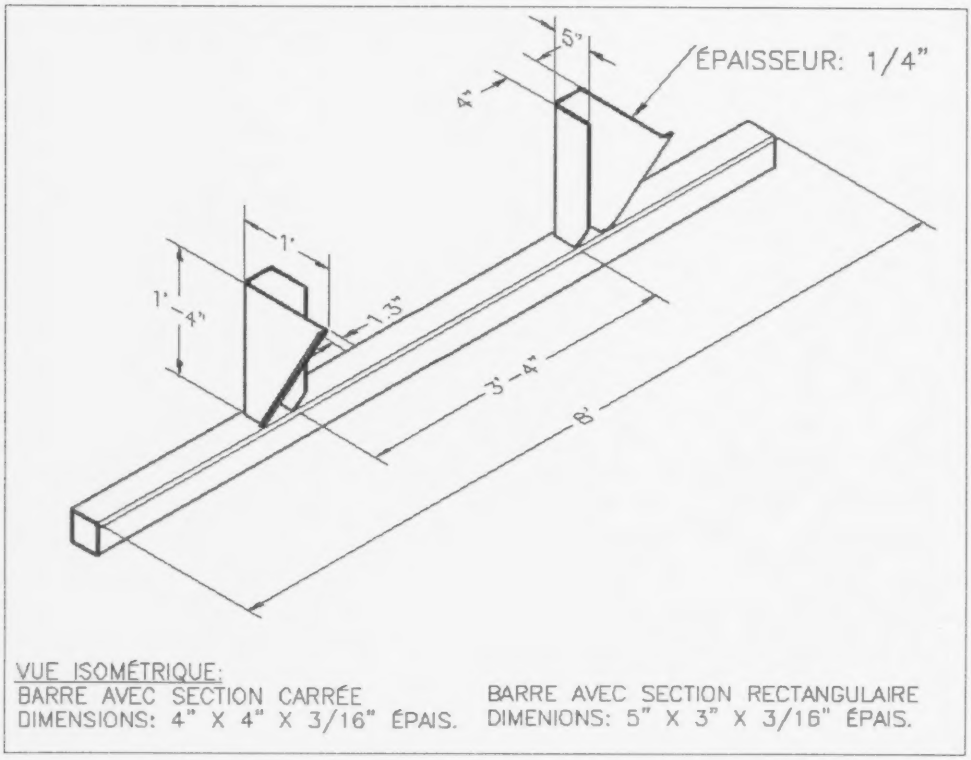
Comme on le voit sur l'extrait vidéo, le camion qui arrache la barre par impact est vide. Tel que calculé dans la section « cas d'un impact », la force équivalente à l'impact donnerait environ

6 800 kg (15 000 livres). À cette force, les contraintes dans la barre sont dans la zone plastique, mais pas encore dans la zone de rupture. Il faudrait donc plusieurs coups avant de briser la barre et c'est effectivement ce qui se passe dans l'extrait vidéo.

Dessins des différents types d'attache des barres anti-encastrement



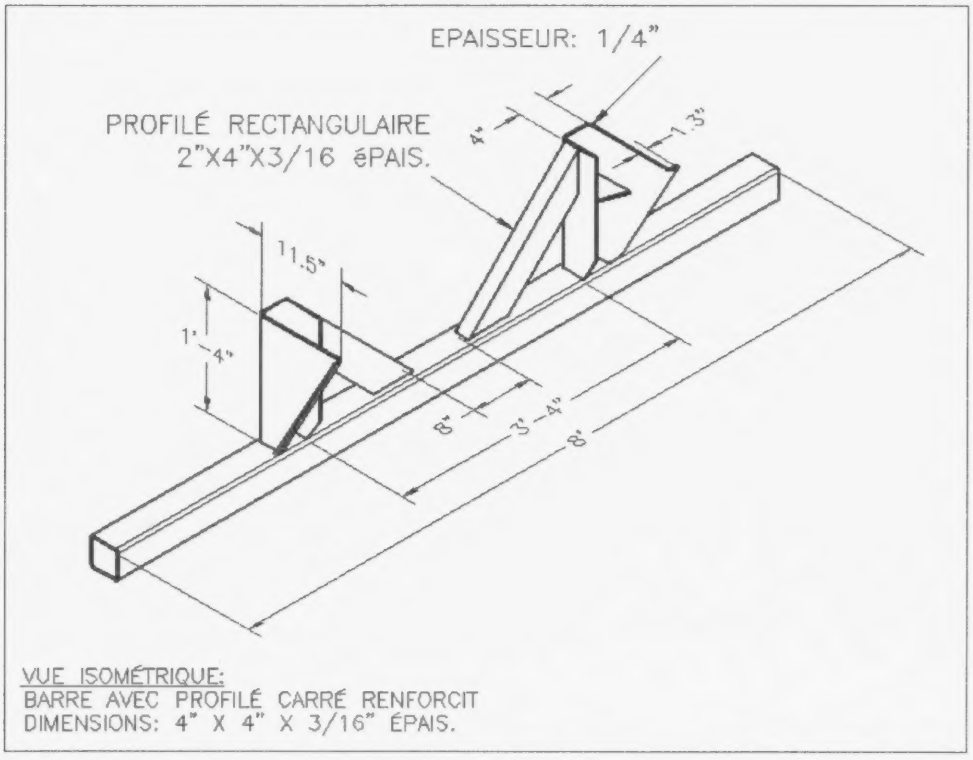
VUE ISOMÉTRIQUE:
BARRE AVEC FER EN "C"
IDENTIFICATION: C4 X 5.4



VUE ISOMÉTRIQUE:

BARRE AVEC SECTION CARRÉE
DIMENSIONS: 4" X 4" X 3/16" ÉPAIS.

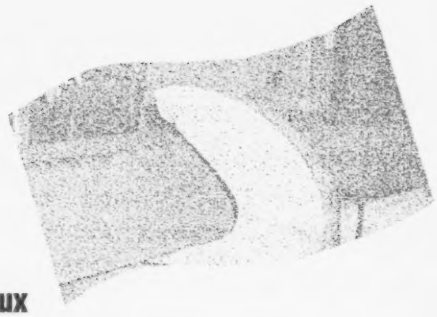
BARRE AVEC SECTION RECTANGULAIRE
DIMENIONS: 5" X 3" X 3/16" ÉPAIS.



VUE ISOMÉTRIQUE:
BARRE AVEC PROFILÉ CARRÉ RENFORCIT
DIMENSIONS: 4" X 4" X 3/16" ÉPAIS.

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

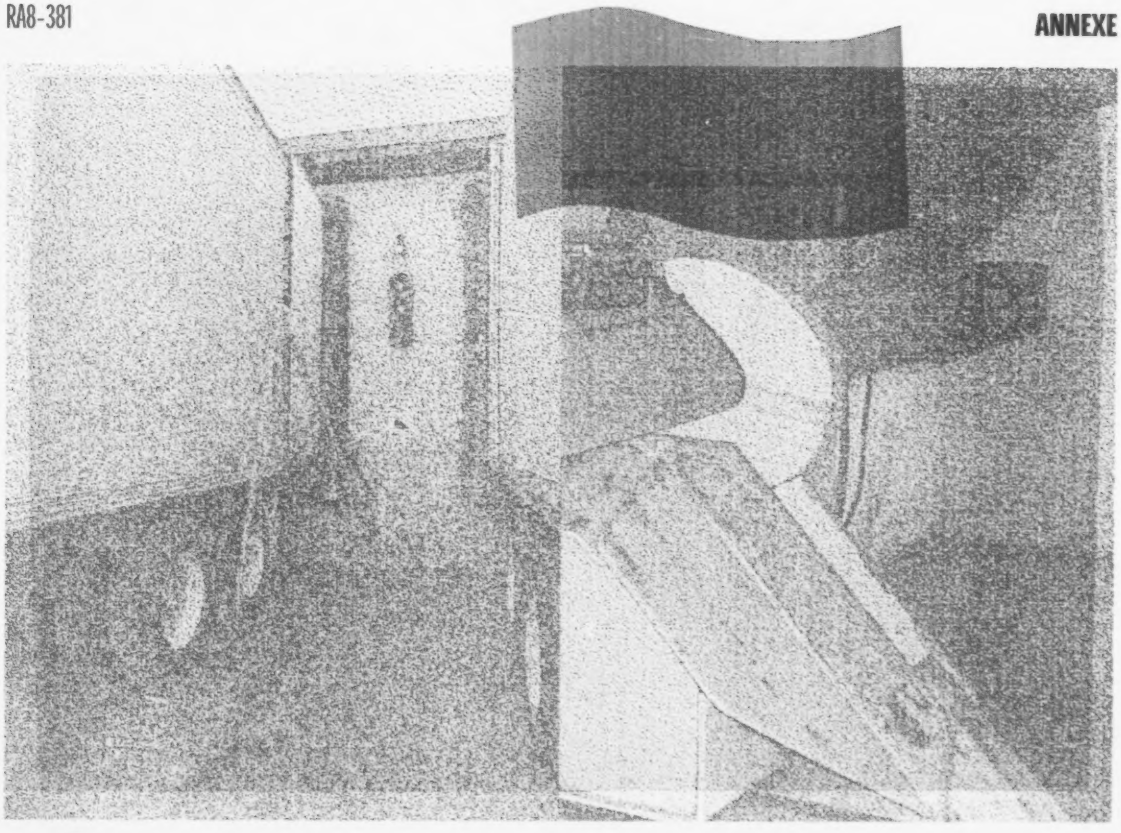


Étude préliminaire de l'efficacité des cales de roues utilisées pour contrer les risques de départ inopiné et de glissement de la semi-remorque lors des travaux de transbordement

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA8-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Étude préliminaire de l'efficacité des cales de roues utilisées pour contrer les risques de départ inopiné et de glissement de la semi-remorque lors des travaux de transbordement

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2], Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE H

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

1 INTRODUCTION 3
2 MÉTHODES 3
2.1 Essais de départ inopiné 3
2.2 Essais de glissement 3
3 PARAMÈTRES DES ESSAIS 5
3.1 Localisation et conditions de sol 5
3.2 Tracteurs utilisés 5
3.3 Semi-remorques utilisées et charges transportées 6
3.4 Chariot élévateur utilisé 6
3.5 Camionneur 6
3.6 Descriptif des cales 7
3.7 Respect de la norme SAE J348 pour les cales de roue utilisées 10
4 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES ESSAIS 10
5 RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉPART INOPINÉ 12
5.1 - Départ, asphalte sec, semi-remorque vide 12
5.2 - Départ, asphalte sec, semi-remorque charge partielle 12
5.3 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque vide 12
5.4 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque charge partielle 13
5.5 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque pleine charge 13
5.6 - Départ, asphalte glacé, semi-remorque vide 13
5.7 - Départ, asphalte glacé, semi-remorque charge partielle 14
5.8 - Départ, terre mouillée, semi-remorque vide 14
5.9 - Départ, terre mouillée, semi-remorque charge partielle 14
6 RÉSULTATS DES ESSAIS DE GLISSEMENT 15
6.1 - Glissement, asphalte mouillé, freins appliqués, suspension basse 15
6.2 - Glissement, asphalte mouillé, sans freins, suspension haute 15
6.3 - Glissement, asphalte enneigé, freins appliqués, suspension basse 15
6.4 - Glissement, asphalte enneigé, sans freins, suspension haute 15
6.5 - Glissement, asphalte glacé, sans freins, suspension haute 16
6.6 - Glissement, asphalte glacé, freins appliqués, suspension basse 16
7 RÉSULTATS SELON LA CALE UTILISÉE 17
7.1 Cale 1 17
7.2 Cale 2 17
7.3 Cale 3 17
7.4 Cale 4 17
7.5 Cale 5 18
7.6 Cale 6 18
7.7 Cale 7 18
7.8 Cale 8 19
7.9 Cale 9 sans plaque 19
7.10 Cale 9 avec plaque 19
8 DISCUSSIONS 20
8.1 Le départ inopiné 20
8.2 Le glissement de la semi-remorque 20
9 CONCLUSION 21
10 ANNEXES 22

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet PR98-023 sur la problématique des dispositifs de retenu aux quais de transbordement, les travaux ont montré l'importance de mener des essais terrain afin de déterminer l'efficacité de l'utilisation des cales de roues. Ces dispositifs sont couramment utilisés par les entreprises pour empêcher le départ inopiné d'un tracteur ou le glissement d'une semi-remorque. Généralement installé à l'avant d'un des pneus de la semi-remorque, le principe de fonctionnement repose sur le coincement de la cale de roue entre le pneu et le sol.

Une étude réalisée par le NFPA[1] a montré que les cales permettent d'empêcher un camion d'avancer sur un sol en pente. Cependant, aucune référence n'a été trouvée sur l'efficacité de ces dispositifs simples concernant leur capacité à empêcher le départ inopiné d'un camion ou le glissement de la semi-remorque sur un sol pratiquement plat. Ce sont ces conditions que les chercheurs ont tenté de recréer. Des essais préliminaires ont été réalisés avec du matériel roulant dans les installations du centre de formation en transport de Charlesbourg en mars 2003. Au total, 102 essais ont été réalisés avec 9 types de cales différentes.

2 MÉTHODES

Deux types d'essais ont été réalisés : essais de départ inopiné et essais de glissement. Ces deux situations correspondent aux problèmes rencontrés lors des opérations de transbordement et dont le risque semblait pouvoir être réduit par l'utilisation de cales de roue.

2.1 Essais de départ inopiné

Les essais de départ inopiné avaient pour but de vérifier l'efficacité des cales lorsqu'un camionneur tente de faire partir du quai l'ensemble tracteur – semi-remorque avant la fin du transbordement, mettant potentiellement en danger le cariste affecté au transbordement du camion. Les essais ont été réalisés avec trois conditions de charge de la semi-remorque et avec différentes conditions de sol. Le camionneur avait comme consigne de tenter un départ normal sans savoir si une cale était placée ou non sous une des roues de la semi-remorque. Sauf indications contraires de la part des chercheurs, le camionneur ne devait jamais « forcer » le départ au-delà des pratiques usuelles. Le départ du tracteur était réalisé en relâchant la pédale d'embrayage sans appuyer sur la pédale de l'accélérateur; le système de commande interne du moteur se chargeant de fournir la puissance nécessaire au départ du tracteur.

2.2 Essais de glissement

Les essais de glissement devaient démontrer que les cales empêchent la semi-remorque de glisser lorsqu'un chariot élévateur freine brusquement à l'intérieur de la semi-remorque pendant l'opération de transbordement. Pour cela, un chariot élévateur chargé entrait à la vitesse d'environ 13 km/h dans la semi-remorque vide et freinait brusquement approximativement au centre de celle-ci (figure 1). La poussée créée par ce freinage devait entraîner la semi-remorque vers l'avant. Les cales positionnées sous une des roues de la semi-remorque devaient empêcher celle-ci d'avancer.

[1] Citation de l'étude NFPA sur les cale et camions de pompiers

Des travaux effectués dans le cadre du projet PR98-023 : Développement d'outils d'évaluation systématiques des dispositifs de retenue des camions aux quais de chargement, ont montré que l'utilisation de suspensions pneumatique pouvait provoquer des mouvements longitudinaux de la semi-remorque lorsque le chariot élévateur s'y introduit, compte tenu de la géométrie de la suspension. Les essais de glissement ont donc été menés avec différentes configurations de suspension. Lorsque les coussins pneumatiques du mécanisme de suspension de la semi-remorque sont pressurisés, la semi-remorque est relevée, d'où l'utilisation du terme « suspension haute » utilisée dans ce document. Inversement, lorsque les coussins de la suspension de la semi-remorque sont complètement vidés de l'air comprimé et écrasés sous le poids de la semi-remorque, celle-ci est abaissée, d'où l'utilisation du terme « suspension basse ». Cette variation de l'état de la suspension devait servir à illustrer les différences de comportement de la semi-remorque lors du chargement.

Des essais de glissement ont également été réalisés avec les freins de la semi-remorque appliqués ou relâchés afin d'évaluer les conséquences de leur utilisation lors du chargement de la semi-remorque.

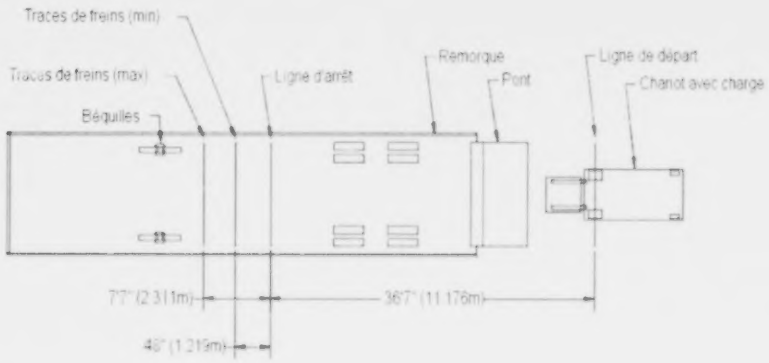


Figure 2 : Schéma des essais de glissement

Lors des essais de glissement, la semi-remorque n'était pas attelée au tracteur. Pour des raisons de sécurité, le tracteur était positionné près de l'avant de la semi-remorque (figure 2) afin d'empêcher son basculement ou un déplacement trop important.

Figure 2 : semi-remorque indépendante du tracteur lors des essais de glissement

3 PARAMÈTRES DES ESSAIS

3.1 Localisation et conditions de sol

Tous les essais de glissement ont été réalisés devant le quai de chargement numéro 12 visible à la figure 3. Les essais de départ inopinés ont été menés au quai de chargement numéro 12 ainsi que sur un terrain de terre battue situé à proximité des installations du centre. Le sol devant le quai de chargement est asphalté et inclus une dalle de béton. Les différentes conditions de sol recrées (terre mouillée, asphalte mouillé, asphalte enneigé et asphalte glacé) se prolongeaient jusque sous les béquilles de la semi-remorque (figures 4 et 5). La cour présentait une pente légèrement inclinée vers l'extérieur du quai.

Figure 3 : Quai numéro 12

Figure 4 : Sol glacé

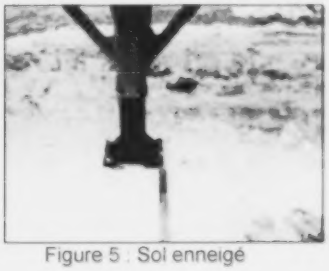


Figure 5 : Sol enneigé

Les conditions climatiques favorisaient des essais sous plusieurs conditions de sol. Des essais de glissement ont été menés sur de l'asphalte sec, mouillé, glacé ou enneigé. Les essais de départ inopiné ont été menés sur de l'asphalte sec ou mouillé ou sur de la terre battue mouillée.

La dalle de béton a servi à réaliser les essais avec le système plaque/cale de la compagnie Sécurité GMR. Cette plaque devait être ancrée sur une surface bétonnée selon les prescriptions du manufacturier. La plaque a été installée par un représentant de la compagnie Sécurité GMR.

3.2 Tracteurs utilisés

Deux tracteurs ont été utilisés. Le premier, visible à la figure 6, a servi pour la très grande majorité des essais et le deuxième, visible à la figure 7, pour 15 essais. Selon les discussions avec les représentants du centre, ces tracteurs du type « 10 roues » sont tout à fait représentatifs de ce que l'on retrouve sur le marché Québécois du camionnage.

Figure 6 : Tracteur #1

Figure 7 : Tracteur #2

3.3 Semi-remorques utilisées et charges transportées

Sauf pour les essais de départ inopiné à pleine capacité, tous les essais ont été réalisés avec la semi-remorque numéro 1 visible aux figures 6 et 7. Il s'agissait d'un modèle à boîte fermée avec une suspension pneumatique et d'une longueur totale de 16,15 mètres (53 pieds) comportant deux essieux. Dans les essais de départ inopiné où la semi-remorque est chargée « partiellement », la charge était constituée de boîtes de papier à recycler. Ces boîtes étaient disposées uniformément sur toute la longueur de la semi-remorque (figure 8). Avec cette charge, la mesure de poids à l'essieu arrière de la semi-remorque indiquait 10 810 kg. À vide, la mesure de poids à l'essieu arrière de la semi-remorque indiquait 4 800 kg.

Dans le cas des essais de départ inopiné à pleine charge, la semi-remorque était du type « à plancher » chargée de blocs de béton (figure 9). Avec cette charge, la mesure de poids à l'essieu arrière indiquait 18 890 kg.

Figure 8 : semi-remorque #1
(charge partielle)

Figure 9 : semi-remorque #2
(pleine charge)

3.4 Chariot élévateur utilisé

Tous les essais de glissement ont été réalisés avec le même chariot élévateur. Le chariot était chargé d'une boîte de 122 centimètres de profond, 102 centimètres de large et 91 centimètres de haut chargée de 540 kg de papier à recycler. Le chariot avec son conducteur et sa charge totalisaient 3 870 kg.

3.5 Camionneur

Le camionneur attitré par le centre de formation a été le même tout au long des essais. D'un naturel calme et sérieux, ce camionneur comptait 17 années d'expérience dans la conduite des tracteurs

semi-remorque. Ayant la formation et l'expérience requise, il a également été en mesure de remplir le rôle de cariste lors des essais de glissement. Les consignes du déroulement des essais lui étaient données directement, ses commentaires et appréciations des résultats ont été notés.

Tous les essais de départ inopiné ont été menés selon la même procédure (d'opération du tracteur). Le camionneur n'appuyait que très légèrement, ou pas du tout, sur l'accélérateur, laissant le système interne du moteur commander l'arrivée du carburant afin de compenser les forces nécessaires au départ du tracteur. Le camionneur n'avait donc qu'à relâcher l'embrayage pour permettre au tracteur de démarrer. C'est donc dire que, sauf exceptions (lors des essais de départ inopiné à pleine charge), le camionneur n'a jamais « insisté » pour passer par-dessus une cale. Le tracteur réagissait à la présence ou non des cales. Au court de tous les essais réalisés, le camionneur évaluait entre 5 et 10% l'effort maximal donné par le moteur du tracteur lors du départ inopiné.

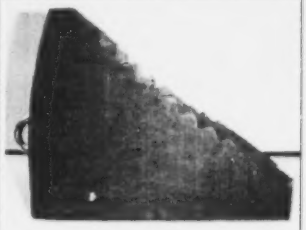
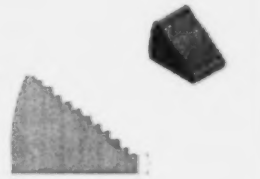
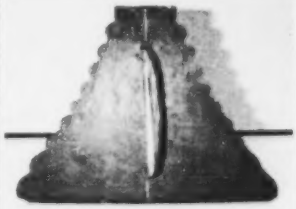
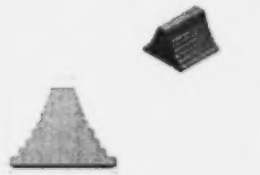
3.6 Descriptif des cales

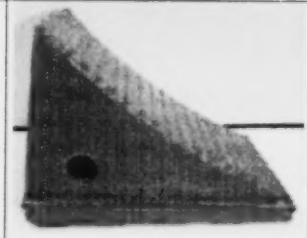
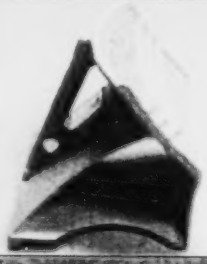
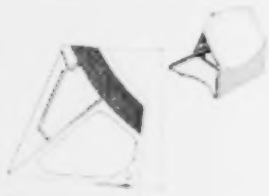
Les cales utilisées lors des essais ont été choisies sans considérer les exigences de la norme SAE J348 sur les cales de roues[2]. Le choix des cales que nous avons retenus était à l'image de celles qui sont utilisées dans l'industrie québécoise et ont été achetées chez un fournisseur de fournitures industrielles. Lors des essais, les cales étaient installées devant une des roues du train avant gauche ou droit de la semi-remorque, en contact avec le centre de la bande de roulement du pneu. Les 9 modèles différents de cales sont représentés dans le tableau suivant.

[2] Norme de la Society of Automotive Engineer's (SAE) J348, juin 1990, « Wheel chocks ».

Tableau 1

Les différents modèles de cales utilisées

#	Description	Forme	Poids	Photo	Schéma
1	Cale en acier coulé. L : 30,48 cm H : 21,60 cm	En « T »	9,8 kg		
2	Profilé d'aluminium L : 27,30 cm H : 20,32 Largeur : 24,5 cm.	Triangulaire	3,26 kg		
3	Cale en caoutchouc plein. L : 24,13 cm H : 19,05 cm	Triangulaire	5,9 kg		
4	Cale en caoutchouc évidé. L : 20,63 cm (10,32 cm par côté) H : 15,24 cm	Pyramidale	4,2 kg		

#	Description	Forme	Poids	Photo	Schéma
5	Couches de caoutchouc laminées et jointes ensembles par quatre boulons. L : 35,6 cm H : 35,6 cm	Triangulaire	18,64 kg		
6	Cale en uréthane L : 28,58 cm H : 20,64 cm	Triangulaire	2,3 kg		
7	Cale en acier coulé. L : 25,4 cm H : 27,94 cm	Support	12,02 kg		
8	Cale « placebo » Une pièce de bois de type « 2x4 » a été utilisée à quelques occasion. L : 8,89 cm H : 3,81 cm	Rectan-gulaire	-		Aucun schéma
9	Cale de pièces d'acier galvanisé soudées fabriquée par la compagnie Sécurité GMR.	Triangulaire	15,88 kg		

3.7 Respect de la norme SAE J348 pour les cales de roue utilisées

Les dimensions suivantes devaient être respectées par les cales pour satisfaire aux exigences de la norme SAE J348 de la SAE :

- Hauteur de la cale : 27,30 cm (10,75 pouces) pour un pneu de 50,8 cm (20 pouces) de rayon;
- Rapport longueur / hauteur = 1,73 ou plus;
- Longueur de la cale : au minimum 1,73 sa hauteur pour respecter le rapport longueur / hauteur, soit 47,3 cm (18,6 po) pour un pneu de 50,8 cm (20 pouces) de rayon;
- Largeur de la cale : 17,15 cm (6,75 pouces) pour un pneu de 22,9 cm (9 pouces), soit 75% de la largeur du pneu;
- Angle de la cale compris entre 35° et 45°.

Le tableau suivant récapitule pour tous les modèles de cales le respect des caractéristiques de la norme SAE J348. Il convient de noter qu'à l'exception de la cale 8 (le 2x4), aucune cale ne respecte le rapport longueur / hauteur définie dans la norme SAE.

Tableau 2

Respect des différents critères de la norme par les cales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hauteur de la cale ≥ 27,3 cm (10,75 po)	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non	3.7.1.1
Longueur de la cale ≥ 47,3 cm (18,6 po)	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	3.7.1.2
Respect du rapport longueur / hauteur de 1,73	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
Largeur de la cale ≥ 17,15 cm (6,75 po)	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Angle compris entre 35 et 45°	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non

4 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES ESSAIS

Il est important de noter que les résultats des essais n'ont pas été évalués selon des critères absolus. Par exemple, aucune valeur limite de la distance d'avance des cales ou de la distance de glissement n'avait été prédéterminée. L'objectif de cette étude préliminaire était de tenter de mieux connaître le comportement des cales avec des conditions d'utilisation réelles. L'interprétation des résultats n'est que qualitative et basée sur le jugement des chercheurs.

Un des critères d'interprétation des résultats est la grandeur de l'ouverture entre la semi-remorque et le quai créée par le mouvement d'avance de la semi-remorque lors des essais. L'ouverture est jugée suffisamment grande si, par exemple les roues d'un chariot élévateur peuvent s'y coincer et causer un incident lors d'une opération de transbordement suite à la chute de la lèvre du pont. C'est ainsi que pour les essais de départ intempestif ou de glissement, une avance d'environ 18 centimètres de la semi-remorque a été interprétée comme suffisante pour poser un risque pour le cariste.

3.7 Respect de la norme SAE J348 pour les cales de roue utilisées

Les dimensions suivantes devaient être respectées par les cales pour satisfaire aux exigences de la norme SAE J348 de la SAE :

- Hauteur de la cale : 27,30 cm (10,75 pouces) pour un pneu de 50,8 cm (20 pouces) de rayon;
- Rapport longueur / hauteur : = 1,73 ou plus;
- Longueur de la cale : au minimum 1,73 sa hauteur pour respecter le rapport longueur / hauteur, soit 47,3 cm (18,6 po) pour un pneu de 50,8 cm (20 pouces) de rayon;
- Largeur de la cale : 17,15 cm (6,75 pouces) pour un pneu de 22,9 cm (9 pouces), soit 75% de la largeur du pneu;
- Angle de la cale compris entre 35° et 45°.

Le tableau suivant récapitule pour tous les modèles de cales le respect des caractéristiques de la norme SAE J348. Il convient de noter qu'à l'exception de la cale 8 (le 2x4), aucune cale ne respecte le rapport longueur / hauteur définie dans la norme SAE.

Tableau 2

Respect des différents critères de la norme par les cales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hauteur de la cale = 27,3 cm (10,75 po)	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Oui**	**Non**	**Oui**	**Non**	**3.7.1.1**
Longueur de la cale = 47,3 cm (18,6 po)	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**3.7.1.2**
Respect du rapport longueur / hauteur de 1,73	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Oui**	**Non**
Largeur de la cale = 17,15 cm (6,75 po)	**Oui**	**Oui**	**Non**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**
Angle compris entre 35 et 45°	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Non**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Non**	**Non**

4 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES ESSAIS

Il est important de noter que les résultats des essais n'ont pas été évalués selon des critères absolus. Par exemple, aucune valeur limite de la distance d'avance des cales ou de la distance de glissement n'avait été prédéterminée. L'objectif de cette étude préliminaire était de tenter de mieux connaître le comportement des cales avec des conditions d'utilisation réelles. L'interprétation des résultats n'est que qualitative et basée sur le jugement des chercheurs.

Un des critères d'interprétation des résultats est la grandeur de l'ouverture entre la semi-remorque et le quai créée par le mouvement d'avance de la semi-remorque lors des essais. L'ouverture est jugée suffisamment grande si, par exemple les roues d'un chariot élévateur peuvent s'y coincer et causer un incident lors d'une opération de transbordement suite à la chute de la lèvre du pont. C'est ainsi que pour les essais de départ intempestif ou de glissement, une avance d'environ 18 centimètres de la semi-remorque a été interprétée comme suffisante pour poser un risque pour le cariste.

Certaines situations sont plus facilement qualifiables que d'autres. Si la semi-remorque passe par-dessus une cale sans que le camionneur ne s'en rende compte, il semble clair que la protection offerte par ce moyen est faible.

5 RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉPART INOPINÉ

5.1 - Départ, asphalte sec, semi-remorque vide

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte sec	Vide	
Essais #		**Cale**	
6.1A cale 9 plaque courte; 6.1B cale 9 plaque courte; 6.1A cale 9		9	

La cale 9 est le seul modèle de cale à avoir été utilisé dans cette configuration[3]. Pour des raisons de logistique, la compagnie GMR a initialement proposé l'utilisation d'une plaque plus courte (démonstrateur) que la plaque normalement utilisée en supposant que son utilisation ne changerait pas les résultats des essais. Les résultats initiaux ont pourtant montré que la cale se soulevait ce qui, selon les responsables de la firme ne devait pas se produire. La plaque a donc été remplacée par le modèle normalement livré (plaque de retenue plus longue).

Les essais 6.1A et 6.1B avec plaque courte font référence aux premiers essais qui ont ainsi été menés sur une plaque plus courte. Un second essai (6.1A) a été mené avec une plaque normale. Dans les deux configurations, l'ensemble cale-plaque n'aurait pas dû permettre à la cale de se soulever comme cela c'est produit lors des essais. Bien que la semi-remorque ne soit pas passée par-dessus la cale, il est possible qu'une telle situation se produise. Dans ce cas, la semi-remorque bascule sur le côté d'environ 5 degrés et ce mouvement est clairement perçu par le camionneur. Un cariste présent à l'intérieur de la semi-remorque pendant ce basculement devrait lui aussi percevoir ce mouvement. Cela n'élimine pas la possibilité qu'un accident se produise (chute du chariot dans l'espace créé par l'éloignement de la semi-remorque du quai au moment du départ ou renversement du chariot).

5.2 - Départ, asphalte sec, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte sec	Charge partielle	
Essais #		**Cale**	
12.1A cale 9 plaque courte; 12.1B cale 9 plaque courte		9	

La cale 9 est le seul modèle de cale à avoir été utilisé dans cette configuration. Les essais 12.1A et 12.1B ont été menés avec la plaque courte fournie initialement par la compagnie Sécurité GMR. Ici aussi, l'ensemble cale-plaque n'aurait pas dû permettre à la cale de se soulever comme cela c'est produit lors des essais. Les résultats de ces essais sont identiques à ceux menés dans la configuration précédente (asphalte sec, semi-remorque vide).

5.3 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque vide

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte mouillé	Vide	
Essais #		**Cales**	
4.1; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7; 4.11; 4.12		1, 2, 3, 4, 5, 7, 8	

Les résultats de ces essais diffèrent un peu selon le type de cale utilisée. Sauf pour la cale numéro 7, où elle sera poussée par la roue sans réussir à retenir la semi-remorque, les cales rigides (acier, aluminium ou stratifié) basculent et la roue passe par-dessus. Dans le cas des cales en caoutchouc

[3] Une configuration indique l'ensemble des paramètres utilisés pour un essai : type d'essai, type de sol, condition du sol, état de la semi-remorque (charge, freins et suspension).

ou en uréthane, les cales bloquent sous la roue qui passe par-dessus avec un soulèvement de la roue d'au plus 6 centimètres. Ce comportement n'empêche aucunement le départ du tracteur. Dans le meilleur des cas (cale 5), la roue est soulevée d'environ 15-16 centimètres. Du point de vue du camionneur cette situation est à peine perceptible.

5.4 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte mouillé	Charge partielle	
Essais #		**Cales**	
10.1; 10.2; 10.3; 10.4; 10.5; 10.6; 10.8; 10.10		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	

On observe essentiellement les mêmes résultats qu'avec la configuration précédente (- Départ, asphalte mouillé, semi-remorque vide). Lorsque la semi-remorque est partiellement chargée, les cales de caoutchouc n'empêche pas la semi-remorque de passer par-dessus (les cales sont un peu plus écrasées que précédemment). Les cales 1 et 5 ne parviennent pas à « s'accrocher » au sol et glissent sans retenir la semi-remorque. La cale 7 parvient à s'accrocher au sol mais ne réussi pas à retenir la semi-remorque car elle sera éjectée vers l'avant dès que la roue commencera à se soulever. C'est la cale 2 qui soulèvera la semi-remorque le plus à une hauteur de 6 à 8 centimètres. Dans toutes ces conditions, la perception du camionneur de la retenue de la semi-remorque par les cales est pratiquement nulle.

5.5 - Départ, asphalte mouillé, semi-remorque pleine charge

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte mouillé	Pleine charge	
Essais #		**Cales**	
18.1; 18.5b; 18.11 cale 9		1, 5, 9	

Trois essais ont été menés dans cette configuration. Le premier essai s'est soldé par l'éclatement du pneu retenu par la cale 1. Lors de l'essai, la cale 1 a été poussée par le pneu de plusieurs centimètres pour se mettre de travers, puis le pneu a éclaté lorsqu'il est monté de nouveau sur la cale. Le camionneur s'est rendu compte de l'éclatement du pneu mais la semi-remorque n'a pas été retenue. Les essais avec les cales de caoutchouc n'ont pas été réalisés, les résultats précédents n'ayant pas été concluants. La cale 5 a glissé comme avec une charge partielle. La cale numéro 9 a réussi à retenir la semi-remorque : la cale est restée accrochée à la plaque, elle n'a pas basculée et la roue ne parvient pas à passer par-dessus la cale. Les forces exercées dans cette configuration semblent très importantes compte tenu de la déformation du pneu contre la cale. Le camionneur perçoit nettement la retenue dans cette situation.

5.6 - Départ, asphalte glacé, semi-remorque vide[4]

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte glacé	Vide	
Essais #		**Cales**	
3.1; 3.4; 3.5; 3.7; 3.8; 3.9; 3.10		1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	

Les cales n'ont à peu près aucun effet dans cette configuration. Bien qu'elles empêchent la roue de tourner, les cales de caoutchouc n'empêchent pas la semi-remorque d'être tirée par le tracteur. Les

[4] La cale 9 n'était pas utilisée avec la plaque lors des essais sous les conditions de sols enneigé, glacé ou de terre mouillée

cales rigides, y compris la cale numéro 9, ne parviennent jamais à s'accrocher dans la glace. Lorsqu'elles y parviennent, l'ancrage dans la glace est insuffisant pour retenir la semi-remorque. Le camionneur ne perçoit pas la présence des cales.

5.7 - Départ, asphalte glacé, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Asphalte glacé	Charge partielle	
Essais #		**Cales**	
9.2; 9.3; 9.4; 9.5; 9.6; 9.7; 9.8; 9.9		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	

Peu de différences avec la configuration présentée précédemment (- Départ, asphalte glacé, semi-remorque vide). Les cales sont soient éjectées, glissent ou ne retiennent pas suffisamment la semi-remorque. Bien que la retenue soit améliorée par rapport à la situation où la semi-remorque est à vide, les forces exercées par le tracteur sont nettement supérieures aux forces de retenue des cales. Le camionneur, ici aussi, ne perçoit pas la retenue des cales sur la semi-remorque.

5.8 - Départ, terre mouillée, semi-remorque vide

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Terre mouillée	Vide	
Essais #		**Cales**	
5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 5.6; 5.8; 5.9		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	

Les cales rigides (acier, aluminium ou stratifié) basculent toutes lorsque la roue passe par-dessus. Dans quelques cas, elles s'enfoncent de plusieurs centimètres dans le sol (15 centimètres pour la cale numéro 9). Le soulèvement le plus important (20 centimètres) a été obtenu par la cale 9. Les cales de caoutchouc ou d'uréthane glissent un peu avant d'être écrasées par la roue. Les commentaires du camionneur allaient de perception très négligeable à « je n'ai rien senti ».

5.9 - Départ, terre mouillée, semi-remorque charge partielle

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Charge de la semi-remorque**	
Départ	Terre mouillée	Charge partielle	
Essais #		**Cales**	
11.1; 11.2; 11.3; 11.4; 11.6; 11.7; 11.10		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	

La présence des cales en caoutchouc n'a pratiquement pas été ressentie par le camionneur. Les cales rigides s'enfoncent, la roue passe par-dessus et dans un cas (cale 7), la cale est éjectée vers l'avant. Bien qu'à certaines occasion le camionneur mentionne avoir « senti quelque chose », les cales ne retiennent pas la semi-remorque. Ces résultats sont à peine différents de la configuration précédente (- Départ, terre mouillée, semi-remorque vide). La différence principale est la profondeur à laquelle les cales s'enfoncent dans le sol.

6 RÉSULTATS DES ESSAIS DE GLISSEMENT

6.1 - Glissement, asphalte mouillé, freins appliqués, suspension basse

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Conditions semi-remorque**	
Glissement	Asphalte mouillé	Freins appliqués, suspension basse	
Essais #		**Cales**	
10.2; 10.3; 10.4; 10.5; 10.6; 10.7; 10.8; 10.9; 12.1		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	

Les essais de glissement sur asphalte mouillé montrent que dans cette configuration, il n'y a pas de glissement de la semi-remorque. À deux occasions, les cales ont bougé de quelques millimètres suite aux vibrations de la semi-remorque lorsque le chariot y entre à vitesse rapide. Les cales n'ont été d'aucune utilité ici, la semi-remorque étant retenue par l'action des freins et la friction des béquilles sur le sol.

6.2 - Glissement, asphalte mouillé, sans freins, suspension haute

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Conditions semi-remorque**	
Glissement	Asphalte mouillé	Freins non appliqués, suspension haute	
Essais #		**Cales**	
4.1; 4.2; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7; 4.8; 4.9; 6.1		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	

Dans cette configuration aucun glissement significatif n'a été observé. Ce résultat, qui peut surprendre, montre que les béquilles à elles seule réussissent à retenir la semi-remorque en place (les freins ne sont pas appliqués). Les cales n'ont été d'aucune utilité dans cette configuration.

6.3 - Glissement, asphalte enneigé, freins appliqués, suspension basse[5]

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Conditions semi-remorque**	
Glissement	Asphalte enneigé	Freins appliqués, suspension basse	
Essais #		**Cales**	
8.1A; 8.1B; 8.2A; 8.2B; 8.2C		1	

Pas de glissement enregistré. Ici aussi le résultat est surprenant. Les freins et le contact du pneu avec la neige ont été suffisant pour empêcher le glissement sur un sol enneigé. Trois essais réalisés sans cale nous permettent de dire que les cales n'ont été d'aucune utilité dans cette configuration.

6.4 - Glissement, asphalte enneigé, sans freins, suspension haute

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Conditions semi-remorque**	
Glissement	Asphalte enneigé	Freins non appliqués, Suspension haute	
Essais #		**Cales**	
2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 2.6; 2.7; 2.8		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	

Des glissements importants, de 20 à 50 cm, ont été enregistrés tout au long de ces essais. À l'exception de la cale 2, tous les essais montrent que les cales ne suffisent pas à empêcher le glissement de la semi-remorque. Cependant, toutes les cales permettent de bloquer la rotation de la roue.

[5] La cale 9 n'était pas utilisée avec la plaque lors des essais sous les conditions de sols enneigés ou glacés

6.5 - Glissement, asphalte glacé, sans freins, suspension haute

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Conditions semi-remorque**	
Glissement	Asphalte glacé	Freins non appliqués, suspension haute	
Essais #		**Cales**	
3.1; 3.2; 3.3; 3.5; 3.9; 3.10; 3.11		1, 2, 3, 4, 5, 7, 9	

Des glissements importants, de 85 à 180 cm, ont été enregistrés tout au long de ces essais. Même pour la cale 9 qui, à l'aide de ses « dents » laisse plusieurs traces dans la glace, les cales ne réussissent pas à empêcher le glissement de la semi-remorque. Contrairement à la configuration précédente, la rotation de la roue n'est pas toujours bloquée par les cales.

6.6 - Glissement, asphalte glacé, freins appliqués, suspension basse

Type d'essai	**Conditions de sol**	**Conditions semi-remorque**	
Glissement	Asphalte glacé	Freins appliqués, suspension basse	
Essais #		**Cales**	
9.1; 9.2; 9.3; 9.4A; 9.4B; 9.4C; 9.9; 9.10A; 9.10B; 9.10C		3, 4, 5, 6, 8	

Aucun glissement n'a été enregistré lors de ces essais. Les freins et le contact du pneu avec la glace ont été suffisant pour empêcher le glissement sur un sol glacé. Trois essais réalisés sans cale nous permettent de dire que les cales n'ont été d'aucune utilité dans cette configuration.

7 RÉSULTATS SELON LA CALE UTILISÉE

7.1 Cale 1

7.1.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, mais glisse souvent sans s'accrocher sur le sol lorsque le pneu appuie dessus. Lorsque la cale bloque en avant et que la semi-remorque est vide, la cale bascule autour de son point de blocage et le pneu passe alors par-dessus. Cette cale s'est fait éjecter par le pneu lorsque la semi-remorque était pleine. Son défaut majeur est le manque d'accrochage ou le glissement prononcé.

7.1.2 Glissement

Cette cale peut être poussée par le mouvement du pneu si la suspension est haute. Effet moyen sur neige et nul sur glace.

7.2 Cale 2

7.2.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, tout en glissant moins que la cale 1. Lorsque la cale bloque en avant, elle bascule autour de son point de blocage et le pneu passe alors par-dessus. Cette cale risque de faire éclater le pneu à cause de ses arêtes. Son défaut majeur est son basculement même lorsque la semi-remorque est vide.

7.2.2 Glissement

Cette cale a un effet nul sur la glace et son essai sur la neige n'est pas significatif.

7.3 Cale 3

7.3.1 Départ inopiné

Cette cale bloque souvent la rotation de la roue mais glisse peu compte tenu de la nature de son matériau (caoutchouc). Dès que la cale bloque, elle s'écrase sous le poids du pneu et le pneu passe alors par-dessus sans que le centre de la roue ne se soulève beaucoup. Son défaut majeur est son écrasement sous le pneu même lorsque la semi-remorque est vide. Ses effets semblent négligeables pour le départ inopiné.

7.3.2 Glissement

Effet moyen sur la neige malgré son écrasement marqué.

7.4 Cale 4

7.4.1 Départ inopiné

Même commentaires que pour la cale précédente (cale 3). Ses effets semblent négligeables pour le départ inopiné.

7.4.2 Glissement

Cette cale a un effet nul sur la glace ou la neige.

7.5 Cale 5

7.5.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, mais glisse souvent sans s'accrocher sur le sol lorsque le pneu appuie dessus fortement (plus la semi-remorque est chargée, plus le glissement est prononcé). Lorsque la cale bloque en avant, elle bascule autour de son point de blocage et le pneu passe alors par dessus même si le centre du pneu lève de façon significative. Ses défauts majeurs sont le basculement lorsque la semi-remorque est vide et le glissement lorsque la semi-remorque est chargée, ainsi que sa grande déformation lorsque la semi-remorque est pleine.

7.5.2 Glissement

Cette cale a un effet nul sur la glace ou la neige.

7.6 Cale 6

7.6.1 Départ inopiné

Cette cale glisse de la même manière que les cales 1 et 2 en bloquant la rotation de la roue. Tout comme la cale 5, elle bascule lorsque la semi-remorque est vide. Tout comme les cales 3 et 4, elle s'écrase lorsque la semi-remorque est chargée. Ses défauts majeurs sont le basculement lorsque la semi-remorque est vide et l'écrasement lorsque la semi-remorque est chargée.

7.6.2 Glissement

Cette cale peut être poussée par le mouvement du pneu si la suspension est haute. Effet moyen sur neige.

7.7 Cale 7

7.7.1 Départ inopiné

Cette cale bloque souvent la rotation de la roue mais peut avoir de la difficulté à accrocher le sol. Lorsqu'elle se bloque, elle peut basculer autour de son point avant et laisser passer le pneu par dessus ou peut être éjectée violemment vers l'avant par la rotation inverse du pneu. Ce phénomène d'éjection s'explique par la faible surface de contact entre la cale et le pneu et par la géométrie de la cale. Ce phénomène apparaît lorsque la semi-remorque est chargée, c'est à dire lorsque les efforts subit par la cale sont importants. Son défaut majeur est l'éjection violente de la cale vers l'avant lorsque la semi-remorque est chargée.

7.7.2 Glissement

Cette cale a un effet moyen sur la neige et nul sur la glace.

7.8 Cale 8

7.8.1 Départ inopiné

Cette cale, un 2x4 posé au sol, n'améliore en aucun cas la situation. La roue passe par-dessus sans aucune difficulté et le camionneur ne ressent jamais sa présence.

7.9 Cale 9 sans plaque

7.9.1 Départ inopiné

Cette cale bloque toujours la rotation de la roue, et peut glisser en s'enfonçant légèrement sur sols tendres (terre battue, glace). Lorsque la cale bloque, elle bascule autour de son point avant et le pneu passe alors par-dessus même si le centre du pneu lève de façon significative. Son défaut majeur est le glissement sur certains terrains tendres.

7.9.2 Glissement

Cette cale a un effet moyen sur la neige et nul sur la glace.

7.10 Cale 9 avec plaque

7.10.1 Départ inopiné

Cette cale, utilisée avec sa plaque, bloque toujours la rotation de la roue et ne glisse pas du tout. Lorsque le pneu appuie sur la cale, semi-remorque vide ou mi-chargée, celle ci bascule autour de son point avant et le pneu passe alors par-dessus même si le centre du pneu se soulève de façon significative. Son défaut majeur est le basculement vers l'avant. Cependant, c'est la seule cale qui soit efficace pour le départ inopiné à pleine charge. Elle est d'autant plus efficace que la semi-remorque est chargée mais pourrait faire éclater le pneu à cause de ses arêtes vives.

7.10.2 Glissement

Cette cale empêche totalement le glissement lorsqu'elle est en contact avec sa plaque.

8 DISCUSSIONS

8.1 Le départ inopiné

Les essais ont montré que l'utilisation des cales ne réduit pas substantiellement les probabilités de départ inopiné du tracteur. Les forces exercées par la traction du tracteur sont énormes et les caractéristiques des cales mises à l'essai ne sont pas adaptées à cette situation. Les cales basculent, glissent ou sont écrasées sous le poids de la semi-remorque. Seul le modèle de cale 9 a réussi, sous certaines conditions, à empêcher le départ de la semi-remorque.

Certains types d'essais ont été menés en simulant la présence d'une cale alors qu'il n'y avait rien sous la roue de la semi-remorque. L'objectif, tel qu'expliqué au camionneur, était de tenter de reproduire une situation normale où le camionneur ne sait pas s'il y a ou non une cale installée. Cette démarche n'a pas été poursuivie tout au long de la campagne pour des raisons d'efficacité. Cette approche n'apportant pas suffisamment d'information pertinente au projet. Dans les cas où des essais « placebo » ont été réalisés (18 au total), la réaction du camionneur allait de surprise (1 fois), à « Pas de cale » (2 fois) en passant par « Clair qu'il n'y avait rien » (1 fois). Ces affirmations catégoriques semblent nous indiquer qu'il faudrait prendre avec circonspection certains commentaires recueillis (« Rien senti ») lorsque les cales étaient effectivement utilisées.

Il est donc possible de croire que le chauffeur à une certaine perception de la présence des cales malgré les piètres performances répertoriées. Sans empêcher le départ du tracteur, cette perception du camionneur pourrait être utilisée, à tort, afin de réduire les conséquences d'un tel départ inopiné. Il faut être conscient des limites importantes qu'offre cette protection car, dans plusieurs cas, il semble que le camionneur ne ressentira aucune retenue. Une telle approche ne serait donc pas recommandée.

8.2 Le glissement de la semi-remorque

Les résultats des essais de glissements montrent que dans les conditions qui favorisent un glissement (sol enneigé ou glacé, freins relâchés), les cales donnent des résultats négligeables et ne réussissent pas à empêcher le glissement de la semi-remorque. Les risques de glissement ne sont donc pas réduit significativement. Au contraire, lorsque les conditions ne favorisent pas le glissement (sol sec, freins actionnés), il a été impossible de faire glisser la semi-remorque et les cales n'ont donc été d'aucune utilité. En effet, sur un sol sec ou mouillé, lorsque les freins sont relâchés, la seule friction des béquilles a été suffisante pour empêcher la semi-remorque de glisser.

Pendant les essais de glissement, la cale 9 a été mise à l'essai sur les surfaces enneigées et glacées. Les résultats de ces essais montrent que dans cette situation, la cale 9 ne réduit pas substantiellement les risque de glissement en se comportant similairement aux autres modèles de cale. Il faut cependant noter que ces essais ne reflètent pas une utilisation normale de cette cale. En effet, le fabricant stipule que l'efficacité optimale de son produit ne sera atteinte que lorsque la plaque sur laquelle repose la cale est complètement dégagée. On doit donc veiller à ce que dans les périodes d'enneigement ou d'accumulation de glace, les plaques fassent l'objet d'un entretien adéquat.

On doit aussi noter que pour des raisons de sécurité, le tracteur était toujours présent à l'avant la semi-remorque afin de réduire les risques de basculement de la semi-remorque. Dans cette configuration, l'avance maximale de la semi-remorque était limitée par la présence du tracteur, ce qui à modifié les distance maximales de glissement mesurées lors des essais.

9 CONCLUSION

Globalement, l'utilisation des modèles de cales de roue utilisées lors des essais pour réduire les risques des accidents causés par un départ inopiné du tracteur ou un glissement de la semi-remorque ne donne pas de résultats significatifs. La lecture des tableaux récapitulatifs montre que, à l'exception des cales 9 utilisées avec la plaque, ces cales n'empêchent pas un départ inopiné ou un glissement de la semi-remorque.

Il est important de mentionner que cette étude avait comme but de vérifier de façon rudimentaire les performances des cales en tentant de reproduire les configurations couramment rencontrées aux quais de transbordement. À titre d'exemple, aucune de ces cales n'est conforme à la norme SAE J348 et elles n'ont jamais été utilisées par paire (une cale de chaque côté de la semi-remorque). Le fait que de nombreuses cales basculent sous le pneu est cohérent avec le non-respect du rapport longueur / hauteur tel que défini dans la norme SAE J348. Des cales plus longues auraient alors moins tendance à basculer vers l'avant et à laisser passer le pneu par-dessus.

Il serait faux de conclure que toutes les cales disponibles sur le marché présentent un aussi bas niveau de protection. Cependant, les résultats de cette étude préliminaire sont décevant et nous recommandons aux utilisateurs des cales de roues de s'assurer que des moyens de protection complémentaires (procédures, autres dispositifs mécaniques de retenue, etc.) soient utilisés pour limiter les risques de départ inopiné et de glissement.

D'autres études sont nécessaires afin de vérifier de façon plus exhaustive les performances et les modes d'utilisation des cales de roues.

10 ANNEXES

ANNEXE H.1 : MATRICE SYNTHÈSE - DÉPART INOPINÉ

☐ Retenue ☐ Effet moyen (Hau > 10 ou Gli < 10) ☐ Glissement, écrasement, ejection

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 + plaque
Asphalte sec vide										RB, Base, Hau 26-36, Arrêt, Gli 3-5
Asphalte sec partielle										RB, Base, Gli 14-16, Base, Hau 18-23, Arrêt
Asphalte mouille a vide	RB, Gli 10, Base, Hau 13	RB, Gli 10, Base, Hau 14	RB, Gli 2, Ecr + Base, Hau 8	RB, Gli 8, Ecr + Base, Hau 2	RB, Gli 4, Base, Hau 15	RB, Gli 15, Base, Hau 6	RB + RL, Gli + Pou > 100	Passage par-dessus, Hau 1		
Asphalte mouillee partielle	RB, Gli > 70	RB, Gli 10, Base, Hau 7, Arrêt	Gli 5, Ecr + Base, Hau 1	RL, Ecr, Hau 1	RB, Gli > 100	RB, Gli 15, Ecr + Base, Hau 5	RB, Gli 10, Base, Eje	RL, passage par-dessus, Hau 1		
Asphalte mouillee pleine	RB, Gli 5, Eje, RB, Gli 15, Eje puis pneu éclate				RB, Gli 120					RB, retenue
Terre battue a vide	RB, Gli 16, Enf 7, Base, Hau 8	RL, Gli 6, RB, Gli 17, Enf 5, Base, Hau 10	RB, Gli 5, Ecr + Base, Hau 1	RL + RB, Gli2, Ecr, Hau 1	RB, Gli 150, Enf 5, Base, Arrêt	RB, Gli 20, Base, Hau 11	RB, Gli 18, Enf 3, Base, Hau 16		RB, Gli 50, Enf 15, Base, Hau 20	
Terre battue partielle	RB, Gli 15, Enf 10, Base, Arrêt	RB, Gli 20, Enf 5-6, Base, Hau 5	RB, Ecr + Base, Hau 4-5	RL, Ecr, Hau 1	RB, Gli 40, Enf 5-6, Base, Hau 10	RL, Ecr + Base, Hau 10	RB, Gli 30, Enf 5-6, Base, Eje			
Asphalte glace vide	RL, Gli,	RB, Pou	RB, Gli >	RB, Gli >	RB, Gli >		RB, Gli >		RB, Gli >	

ANNEXE H.1 : MATRICE SYNTHÈSE - DÉPART INOPINÉ

■ Retenue ☐ Effet moyen (Hau > 10 ou Gli < 10) ☐ Glissement, écrasement, éjection

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 + plaque
Asphalte sec vide										RB, Basc, Hau 26-36, Arrêt, Gli 3-5
Asphalte sec partielle										RB, Basc, Gli 14-16, Basc, Hau 18-23, Arrêt
Asphalte mouillé à vide	RB, Gli 10, Basc, Hau 13	RB, Gli 10, Basc, Hau 14	RB, Gli 2, Écr + Basc, Hau 8	RB, Gli 8, Écr + Basc, Hau 2	RB, Gli 4, Basc, Hau 15	RB, Gli 15, Basc, Hau 6	RB + RL, Gli + Pou > 100	Passage par-dessus, Hau 1		
Asphalte mouillée partielle	RB, Gli > 70	RB, Gli 10, Basc, Hau 7, Arrêt	Gli 5, Écr + Basc, Hau 1	RL, Écr, Hau 1	RB, Gli > 100	RB, Gli 15, Écr + Basc, Hau 5	RB, Gli 10, Basc, Éje	RL, passage par-dessus, Hau 1		
Asphalte mouillée pleine	RB, Gli 5, Éje, RB, Gli 15, Éje puis pneu éclate				RB, Gli 120					RB, retenue
Terre battue à vide	RB, Gli 16, Enf 7, Basc, Hau 8	RL, Gli 6, RB, Gli 17, Enf 5, Basc, Hau 10	RB, Gli 5, Écr + Basc, Hau 1	RL + RB, Gli2, Écr, Hau 1	RB, Gli 150, Enf 5, Basc, Arrêt	RB, Gli 20, Basc, Hau 11	RB, Gli 18, Enf 3, Basc, Hau 16		RB, Gli 50, Enf 15, Basc, Hau 20	
Terre battue partielle	RB, Gli 15, Enf 10, Basc, Arrêt	RB, Gli 20, Enf 5-6, Basc, Hau 5	RB, Écr + Basc, Hau 4-5	RL, Écr, Hau 1	RB, Gli 40, Enf 5-6, Basc, Hau 10	RL, Écr + Basc, Hau 10	RB, Gli 30, Enf 5-6, Basc, Éje			
Asphalte glacé vide	RL, Gli,	RB, Pou	RB, Gli >	RB, Gli >	RB, Gli >		RB, Gli >		RB, Gli >	

	pas d'effet	50	100	100	100		100		100, légère accroche	
Asphalte glacé partielle	RL, Gli, pas d'effet	RB et RL, Gli, légère retenue	RL et RB, Gli, légère retenue	RL, Éje, pas d'effet	RL et RB, Gli, légère retenue	RB, Gli	RL, Gli, pas d'effet		RB, Gli, bonne accroche	

RB	Roue bloquée : le pneu ne tourne pas
RL	Roue libre : le pneu tourne
Gli xxx	Glissement de la cale (en cm)
Basc	Basculement de la cale autour de son point avant
Écr	Écrasement de la cale sans Basculement
Eje	Ejection de la cale par rotation inverse de la roue
Pou xxx	Cale poussée par le pneu (à xxx cm)
Hau xxx	Hauteur du centre de la roue au plus haut (en cm)
Enf xxx	Enfoncement de la cale (en cm) dans la terre battue ou dans la neige
Arrêt	Arrêt de l'essai avant la fin...

ANNEXE H.2 : MATRICE SYNTHÈSE – GLISSEMENT

☐ Pas de glissement ☐ Léger glissement ☐ Glissement

	Sans cale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 + plaque
Asphalte mouillé, freins, suspension basse	PDG	PDG, Gli 0,5	PDG	PDG	PDG	PDG	PDG	PDG, Gli 0,3	PDG		PDG, PB
Asphalte mouillé sans freins, suspension haute		PDG, PB, Gli 1	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB, Gli 1	PDG, PB	PDG, PB		PDG, PB
Asphalte enneigé, freins, suspension basse	PDG (3 essais)	PDG (2 essais)									
Asphalte enneigé, sans freins, suspension haute		Rl, rb, Gli 37, Enf	Rl, rb, Gli 5, Enf, Arrêt par le tracteur…	Rl, rb, Gli 20, Enf, Écr (presque passage de la roue par-dessus)	Rl, rb, Gli 50, Enf, presque éje	Rl, rb, Gli 50, Enf	Rl, rb, Gli 40, Enf	Rb, Gli 32, Enf		Rb, Enf, Gli 50	
Asphalte glacé, freins, suspension basse	PDG (3 essais)			PDG	PDG	PDG	PDG		PDG (3 essais)		
Asphalte glacé, sans freins, suspension haute		Rl, Gli > 130, Arrêt par tracteur	Rl + rb, Gli 110, Rep, Arrêt pat tracteur	PB	Rb, Gli 180, Arrêt par tracteur	Rb, Gli 100, Arrêt par tracteur		Rl, Gli 95, Arrêt par tracteur		Rb, Gli 85 (dents mordaient la glace)	
	PDG si la suspension à air est en position basse	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace, moyen sur neige	La plus efficace sur la neige, pas d'effet sur glace	Efficace sur glace, effet moyen sur neige	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace ou neige	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace ou neige	PDG si suspension en bas, effet moyen sur neige	PDG si suspension en bas, effet moyen sur neige		Effet moyen sur neige	PDG qqsoit le niveau de la suspension

ANNEXE H.2 : MATRICE SYNTHÈSE – GLISSEMENT

■ Pas de glissement ☐ Léger glissement ☐ Glissement

	Sans cale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 + plaque
Asphalte mouillé, freins, suspension basse	PDG	PDG, Gli 0,5	PDG	PDG	PDG	PDG	PDG	PDG, Gli 0,3	PDG		PDG, PB
Asphalte mouillé sans freins, suspension haute		PDG, PB, Gli 1	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB	PDG, PB, Gli 1	PDG, PB	PDG, PB		PDG, PB
Asphalte enneigé, freins, suspension basse	PDG (3 essais)	PDG (2 essais)									
Asphalte enneigé, sans freins, suspension haute		Rl, rb, Gli 37, Enf	Rl, rb, Gli 5, Enf, Arrêt par le tracteur…	Rl, rb, Gli 20, Enf, Écr (presque passage de la roue par-dessus)	Rl, rb, Gli 50, Enf, presque eje	Rl, rb, Gli 50, Enf	Rl, rb, Gli 40, Enf	Rb, Gli 32, Enf		Rb, Enf, Gli 50	
Asphalte glacé, freins, suspension basse	PDG (3 essais)			PDG	PDG	PDG	PDG		PDG (3 essais)		
Asphalte glacé, sans freins, suspension haute		Rl, Gli > 130, Arrêt par tracteur	Rl + rb, Gli 110, Rep, Arrêt pat tracteur	PB	Rb, Gli 180, Arrêt par tracteur	Rb, Gli 100, Arrêt par tracteur		Rl, Gli 95, Arrêt par tracteur		Rb, Gli 85 (dents mordaient la glace)	
	PDG si la suspension à air est en position basse	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace, moyen sur neige	La plus efficace sur la neige, pas d'effet sur glace	Efficace sur glace, effet moyen sur neige	PDG si suspen-sion en bas, pas d'effet sur glace ou neige	PDG si suspension en bas, pas d'effet sur glace ou neige	PDG si suspension en bas, effet moyen sur neige	PDG si suspension en bas, effet moyen sur neige		Effet moyen sur neige	PDG qqsoit le niveau de la suspension

PB	Pneu bouge : le pneu bouge légèrement suite à l'affaissement de la suspension
PDG	pas de Glissement du pneu sur le sol
Gli xxx	Glissement de la cale (en cm)
Écr	Écrasement de la cale sans basculement
Enf	Enfoncement de la cale dans la neige
Rep	Cale Repoussée par le pneu
Arrêt	Arrêt de l'essai avant la fin...

ANNEXE I.3 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

Camionneur
Expérience : 17 années d'expérience de conduite de tracteurs.

Tracteur #1
Fabricant : International
Année : 1996
Modèle : 9600 (90S)
Moteur : Detroit diesel série 60
Puissance : 430 chevaux @ 1 800 RPM
Transmission : 10 vitesses
Suspension : pneumatique
Masse : 7 810 kg net
Essieu différentiel : capacité de 40 000 lbs par essieu (2)
Essieu avant : capacité de 12 000 lbs
Pneus : 11R22.5
Numéro d'identification du centre de formation : 216

Tracteur #2
Fabricant : Freightliner
Année : 1994
Modèle : FLD120
Moteur : Detroit
Puissance : 350 chevaux
Transmission : RM10-145A
Suspension : Pneumatique
Masse : 7 950 Kg
Essieu différentiel : capacité 40 000 lbs
Essieu avant : capacité 14 600 lbs
Pneus : 11R22.5 (Michelin 11R22.5 XZE)
Numéro d'identification du centre de formation : 211

Semi-remorque #1
Fabricant : Manac Canam
Type: Boîte fermée
Longueur totale: 48 pieds
Suspension: suspension à air Neway RL228
Nombre d'essieux : 2
Capacité essieu : 25 500 lbs par essieu
Pneus : 11R22.5 (Michelin 11R22.5 XZE)
Diamètre des pneus : 40-41 pouces
Largeur des pneus (contact avec le sol) : 9 pouces
Pression des pneus : 90-95 lbs
État des pneus : 75%
Numéro d'identification du centre de formation : 321

Semi-remorque #2
Fabricant : ?
Type: plancher ouvert
Longueur totale: ?
Suspension: suspension à air
Nombre d'essieux : 2
Capacité essieu : ?
Pneus : ?
Diamètre des pneus : ?
Largeur des pneus (contact avec le sol) : ?
Pression des pneus : 90-95 lbs
État des pneus : 70%
Numéro d'identification du centre de formation : 926

Chariot élévateur
Fabricant : Yale
Modèle: GLP040AFNUAE078
Type : LP no. C436775 5021352-05
Poids: 7 024 lbs (la pesée indiquait 7 055 lbs)
Capacité max : 4 000 lbs
Total avec charge (3 740 kg) et cariste (130 kg): 3 870 kg
Charge utilisée lors des essais de glissement: 540 kg
Vitesse du chariot au moment du freinage: environ 13 km/h
Distance de freinage : 48 pouces à 92 pouces.
Numéro d'identification du centre de formation : ?

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

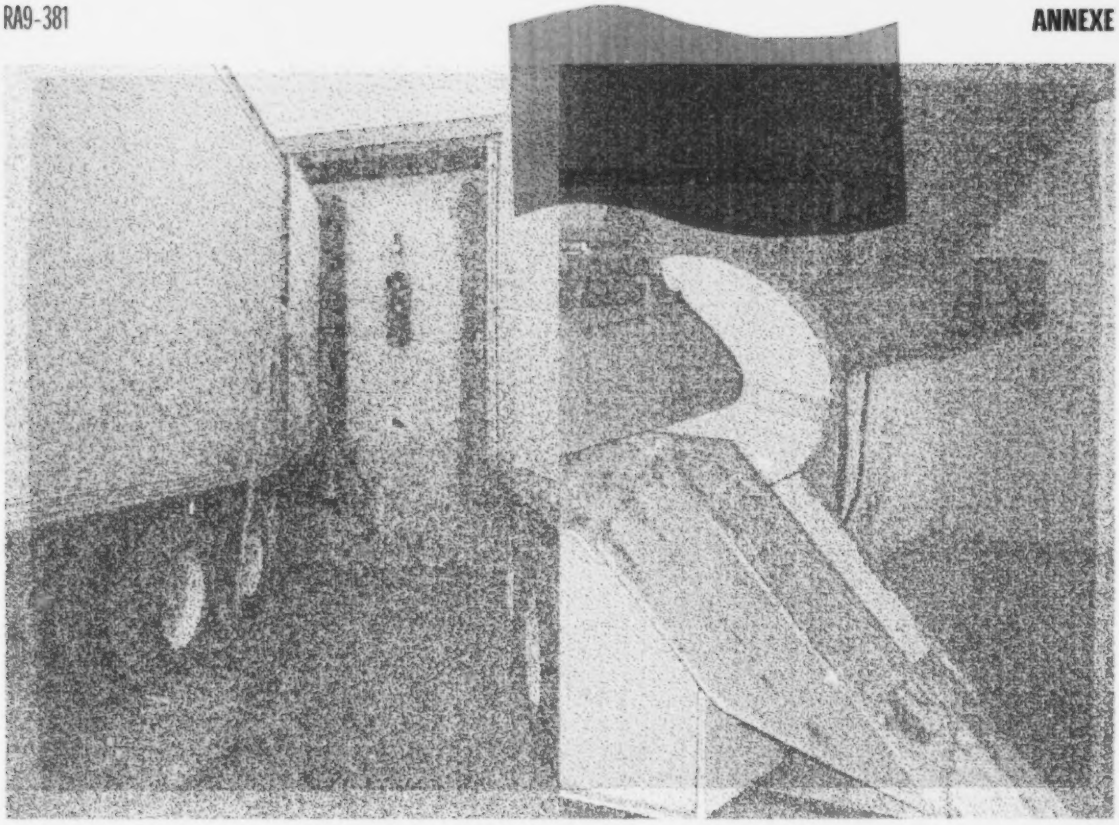
Exemple d'application de l'outil d'évaluation

ÉTUDES ET RECHERCHES

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA9-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Exemple d'application de l'outil d'évaluation

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2], Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE I

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

L'exemple qui suit décrit l'utilisation de l'outil dans sa totalité (questionnaire d'évaluation contextuel, grille d'évaluation de la sécurité et des mesures, fiches de mise en œuvre). Il est évidemment possible de n'utiliser qu'une ou deux parties de l'outil. Par exemple, le questionnaire d'évaluation peut servir de base à un « check-list » simple. Les fiches de mises en œuvre peuvent également être utilisées indépendamment pour maximiser les performances d'une mesure déjà en place ou alors pour mettre en place une mesure qui a été choisie sans utiliser le reste de l'outil.

1 EXEMPLE D'UN CAS D'APPLICATION

Cet exemple est fictif et vise à illustrer toutes les possibilités de l'outil. Afin d'explorer toutes ces possibilités, nous avons multiplié les embûches. Il est évidemment peu probable de rencontrer un cas aussi complexe dans la réalité. L'établissement s'appelle Fictivo Inc. et expédie une gamme de produits partout en Amérique et ce à partir d'un quai composé de 6 portes. Ces portes servent autant pour la réception que l'expédition de la marchandise. Les camions arrivant aux quais de réception sont opérés par des camionneurs employés par l'établissement, donc très familiers aux consignes et façons de faire internes. L'expédition de la marchandise est réalisée via plusieurs compagnies de transport dont les camionneurs pouvant provenir des États-Unis et même d'Amérique latine. Quant aux mesures de retenue existantes, il y a des cales manuelles qui ont été achetées il y a un certain temps et qui traînent dans la cour extérieure.

Dans ce qui suit, nous allons parcourir toute la démarche d'utilisation de l'outil.

1.1 Première étape : Questionnaire de caractérisation contextuel

Dans certain cas il est parfois possible et avantageux de séparer les activités de réception et d'expédition aux quais. Pour notre exemple nous allons supposer que cela est impossible. Le questionnaire ne sera donc rempli qu'une seule fois en tenant compte de cette diversité d'activité.

La démarche implique que les trente questions soient évaluées une après l'autre. Après avoir coché le bon énoncé, nous présentons une justification du choix qui a été fait. La meilleur façon de remplir le questionnaire est de l'imprimer et de le compléter lors d'une visite de l'établissement (en inspectant les lieux et en interrogeant les personnes concernées). Notre expérience montre que généralement il faut compter de une à deux heures pour répondre à l'ensemble des questions

Remarques importantes : Cette première étape vise à évaluer un certain nombre de variables contextuelles qui influencent le niveau de sécurité « sans aucune mesure de retenue ». Il faut donc répondre aux questions en excluant les mesures en place.

Question 1 : Nature de la chaussée de la cour

Cote	Énoncés
4✓	La chaussée est pavée (asphaltée ou bétonnée ou plaque spéciale au niveau des roues) et est en bon état.
3	Entre 2 et 4.
2	La chaussée est en gravier ou en pavé de mauvais état.
1	Entre 0 et 2.
0	La chaussée est en sable ou en terre battue.

Ici la cour est en asphalte en bon état, nous octroyons donc une donc une cote de 4.

Question 2 : État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)

Cote	Énoncés
4	La chaussée est toujours propre, exempt de glace ou de neige en hiver, ou de sable ou de débris sur le pavé.
3	Entre 2 et 4.
2	La glace et la neige qui se retrouvent parfois sur la chaussée sont enlevés et du sel et des abrasifs sont utilisés. Le sable ou des débris qui se retrouvent sur le pavé sont nettoyés régulièrement.
1✓	Entre 0 et 2.
0	De la glace et de la neige s'accumulent sur la chaussée. Du sable ou des débris s'accumulent sur le pavé.

Le déneigement ne se fait que lorsqu'il y a une forte bordée de neige, il arrive donc fréquemment que les roues arrière et les béquilles du camion soient sur une couche de glace (ou de débris en été). En tenant compte du déneigement qui vient parfois améliorer la situation une cote de 1 est attribuée.

Question 3 : État de la cour en hiver (déneigement)

Cote	Énoncés
4	La neige ne peut s'accumuler dans la cour entre les semi-remorques (quai intérieur fermé).
3	Entre 2 et 4.
2	Le déneigement est rapide et efficace de sorte que les accumulations de neige sont limitées.
1✓	Entre 0 et 2.
0	Des accumulations importantes de neige sont fréquentes.

Encore une fois, à cause du déneigement « sommaire » il arrive fréquemment que les camionneurs doivent marcher dans de la «neige». Une cote de 1 est attribuée.

Question 4 : Inclinaison de la cour

Cote	Énoncés
4	La cour est inclinée vers le quai de 10% ou plus.
3	Entre 2 et 4.
2✓	La cour est parfaitement plate.
1	Entre 0 et 2.
0	La cour est inclinée vers l'extérieur de 10% ou plus.

La cour ne présente pas d'inclinaison significative même si l'eau s'écoule vers le quai. Les camions étant «au niveau», la cour est considérée comme étant plate.

Question 5 : Espacement entre deux camions stationnés au quai

Cote	Énoncés
4	Il y a plus de 112 centimètres [44"] entre deux semi-remorques stationnées et ce pour toutes les semi-remorques.
3	Entre 2 et 4.
2	Il y a moins de 76 centimètres [30"] entre deux semi-remorques stationnées.
1	Entre 0 et 2.
0✓	Il y a moins de 61 centimètres [24"] entre deux semi-remorques stationnées.

La figure 1 donne une vue du quai, les portes 4,5 et 6 ont chacune plus d'un mètre entre elles. Cependant les portes 2 et 3 sont beaucoup plus rapprochées avec moins de 60 centimètres de chaque coté. Cette question sert essentiellement à déterminer s'il y a un accès facile entre deux camions pour aller positionner une cale. Normalement la cote doit être de 0, cependant si l'utilisateur envisage sérieusement de placer des cales ou cales à plaque et détection de positionnement alors il pourrait séparer le quai en deux et ainsi trouver deux séries de mesures de retenue, ceci cependant n'est pas conseillé dans la majorité des cas à cause des différentes procédures apportées par chacune des mesures. Pour l'exemple, la cote de 0 sera accordée.

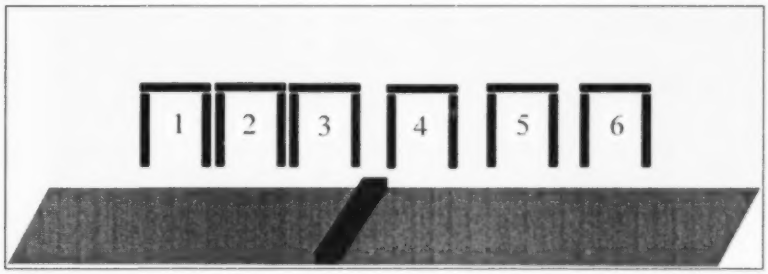


Figure 1. Quai de l'établissement

Question 6 : Nombre de portes sur ce quai

Cote	Énoncés
4	Il n'y a qu'une seule porte.
3	Entre 2 et 4.
2✓	Il y a de 5 à 10 portes.
1	Entre 0 et 2.
0	Il y a plus de 20 portes.

Il y a six portes, donc une cote de 2.

Question 7 : Numérotation des portes

Cote	Énoncés
4	Les portes sont très bien identifiées à l'extérieur et à l'intérieur, les affiches sont toujours visibles et ne portent pas à confusion.
3	Entre 2 et 4.
2✓	L'identification des portes peut porter à confusion ou encore elles ne sont pas toujours visibles par les camionneurs (noirceur, cachées...).
1	Entre 0 et 2
0	Les portes ne sont pas identifiées.

Les portes sont très bien identifiées à l'intérieur. De l'extérieur les numéros ne sont visibles que si les portes sont fermées (car les numéros sont sur les portes). S'il y a plusieurs camions aux quais il y a donc danger de confusion. La cote 2 répond parfaitement à la description.

Question 8 : Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieure

Cote	Énoncés
4	Il y a moins de 5 mètres [5'3"] entre la porte piétonne et la porte de camion la plus éloignée.
3	Entre 2 et 4.
2	Il y a moins de 20 mètres [66'] entre la porte piétonne et la porte de camion la plus éloignée.
1✓	Entre 0 et 2.
0	Il y a plus de 50 mètres [164'] entre la porte piétonne et la porte de camion la plus éloignée.

La porte qui donne accès à l'intérieur de l'établissement est située sur le coté de l'usine (à gauche sur la figure 1), la plus longue distance qu'une personne aurait à parcourir entre cette porte et la porte 6 du quai est d'environ 22 mètres : donc une cote de 1.

Question 9 : Présence de barres anti-encastrements (barres ICC)

Cote	Énoncés
4	La presque totalité des semi-remorques arrivant au quai possèdent une barre anti-encastrement.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Plus de 75% des semi-remorques arrivant au quai ont une barre anti-encastrement.
1	Entre 0 et 2.
0	Moins de 50% des semi-remorques arrivant au quai ont une barre anti-encastrement.

Une inspection des semi-remorques se présentant au quai confirme que la plupart mais pas la totalité des camions ont des barres anti-encastrement.

Question 10 : État général des semi-remorques

Cote	Énoncés
4	La presque totalité des semi-remorques arrivant au quai sont récentes et en très bon état.
3	Entre 2 et 4.
2✓	La plupart des semi-remorques arrivant au quai sont en bon état.
1	Entre 0 et 2.
0	Plusieurs des semi-remorques arrivant au quai sont relativement vielles et leur état laisse souvent à désirer.

La plupart des semi-remorques sont en bon état. Il arrive toutefois que certaines remorques soient carrément en mauvais état. Dans ce cas-ci, nous hésitons entre une cote de 2 ou de 3. Nous choisissons l'option la plus sécuritaire : la cote 2.

Question 11 : Longueur des semi-remorques

Cote	Énoncés
4	La presque totalité des semi-remorques arrivant au quai ont une longueur de 16.2 m [53'] ou plus ou sont des camions-fourgons surélevé.
3	Entre 2 et 4.
2	La majorité des semi-remorques ont une longueur entre 11 m et 13.7 m [36' et 45'].
1	Entre 0 et 2.
0✓	Des semi-remorques d'une longueur de 9.75 m [32'] ou moins se présentent à l'occasion au quai.

Note explicative :
Si la cote 0 s'applique, elle a priorité.
Les camions-fourgons surélevé doivent être considérés au même niveau que des semi-remorques de 16.2 m [53'].
La plupart des semi-remorques ont 53 pieds de long, cependant il arrive (rarement, environ une fois par mois) qu'une semi-remorque de 32 pieds se présente à une des portes du quai. En se fiant à la note explicative, la cote de 0 doit être retenue.

Question 12 : Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement

Cote	Énoncés
4	Les semi-remorques avec suspension à air sont toutes neutralisées ou il n'y a pas de semi-remorques avec suspension à air.
3	Entre 2 et 4.
2	Une partie des semi-remorques ont des suspensions à air et mais elles ne sont pas toujours neutralisées.
1✓	Entre 0 et 2.
0	La majorité des semi-remorques ont des suspensions à air et elle ne sont pas neutralisées.

Les transbordements se font souvent avec le tracteur attelé sur la semi-remorque et les suspensions à air ne sont pas toujours neutralisées[1]. Il n'y a pas de procédure particulière relativement aux suspensions. La cote 1 s'applique.

Question 13 : Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement

Cote	Énoncés
4	Tous les transbordements se font avec le tracteur attelé à la semi-remorque ou dans des camions-fourgons surélevé.
3	Entre 2 et 4.
2✓	La majorité des transbordements se font avec le tracteur attelé à la semi-remorque ou dans des camions-fourgons surélevé.
1	Entre 0 et 2.
0	La majorité les transbordements se font sans tracteur attelé.

Une bonne partie des semi-remorques sont attelée lors de leur transbordement, mais pas toutes. Nous posons l'hypothèse que dans 70% des cas, les tracteurs restent attelées, d'où une cote de 2.

[1] La majorité des semi-remorques ont des suspensions à air qui se dégonflent (neutralisent) lorsqu'elles sont dételées de leur tracteur.

Question 14 : Différence de hauteur entre le quai et le camion

Cote	Énoncés
4✓	Le plancher du camion et celui du quai sont à la même hauteur ou celui du camion est plus haut.
3	Entre 2 et 4.
2	Le plancher du camion est 15 centimètres [6"] en dessous du niveau du plancher du quai.
1	Entre 0 et 2.
0	Le plancher du camion est 30 centimètres [12"] ou plus en dessous du niveau du plancher du quai.

Note explicative :
Cette question sert à définir l'importance de l'impact produit par la descente brusque du chariot dans la semi-remorque.
Si la dénivellation est graduelle (en pente douce) en raison de la longueur du pont niveleur, mettre une cote de 4 peut importe la différence de hauteur.
La différence de niveau n'est pas très grande, de plus (en se referant à la note) le pont niveleur est assez long, il n'y a donc pas de coup brusque lorsque le chariot s'engage dans la semi-remorque. Une cote de 4 peut donc être attribuée.

Question 15 : Longueur d'appui de la lèvre du pont niveleur[2]

Cote	Énoncés
4	La lèvre pénètre de plus de 30 centimètres [11¾"] dans le camion.
3	Entre 2 et 4.
2✓	La lèvre pénètre de 10 à 15 centimètres [4" à 6"] dans le camion.
1	Entre 0 et 2.
0	La lèvre pénètre de moins 5 centimètres [2"] dans le camion.

Cette longueur varie de 3 pouces à 10 pouces; donc une cote entre 1 et 3. Dans ce cas-ci la moyenne peut être utilisée, soit une cote de 2. En entreprise normalement ces valeurs ne varient pas autant d'une porte à l'autre.

Question 16 : Masse combinée du chariot et de la charge transportée

Cote	Énoncés
4	La masse combinée du chariot et de la charge (la plus lourde) est de moins de 6500 Kg [14 300 lbs].
3	Entre 2 et 4.
2✓	La masse combinée du chariot et de la charge (la plus lourde) est de moins de 8 500 Kg [18 700 lbs].
1	Entre 0 et 2.
0	La masse combinée du chariot et de la charge (la plus lourde) dépasse les 12 000 Kg [26 500 lbs].

Cette masse totale peut atteindre 8 000 Kg (incluant la masse du chariot, de la charge et du conducteur), ce qui correspondrait à une cote de 1. Note : Si l'utilisation d'un chariot aussi lourd est exceptionnelle (moins d'une fois par mois) il serait possible de mettre une cote supérieure et prendre des dispositions particulières lorsque le chariot lourd est utilisé (placer des chandelles, mettre plus d'une cale, laisser le tracteur sur la semi-remorque etc.).

[2] La définition de ce qu'est la longueur d'appui de la lèvre se retrouve à la fin du questionnaire d'évaluation contextuel en annexe K.

Question 17 : Vitesse de circulation des chariots à l'entrée ou la sortie des camions

Cote	Énoncés
4✓	Les chariots circulent lentement, à la vitesse d'une marche normale (environ 3 Km/h ou 1.86 mph).
3	Entre 2 et 4.
2	Les chariots circulent à la vitesse d'un pas de jogging (environ 6 Km/h ou 3.73 mph).
1	Entre 0 et 2.
0	Les chariots circulent à la vitesse d'un pas de course rapide (environ 10 Km/h ou 6.21 mph).

Les chariots ne circulent pas très rapidement parce qu'ils n'ont pas l'espace suffisant pour accélérer (ils doivent tourner de 90° pour s'engager dans les camions). Ils ne vont guère plus vite qu'une personne marchant normalement (au moment où ils s'engagent dans le camion seulement), ceci vaut pour une cote de 4.

Question 18 : Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée

Cote	Énoncés
4	3 camions ou moins sont transbordés à l'heure pendant la période la plus achalandée.
3✓	Entre 2 et 4.
2	6 camions ou moins sont transbordés à l'heure pendant la période la plus achalandée.
1	Entre 0 et 2.
0	10 camions ou plus sont transbordés à l'heure pendant la période la plus achalandée.

Dans les périodes de grande activité il peut y avoir jusqu'à 4 ou 5 camions transbordés dans une l'heure, donc une cote de 3.

Question 19 : Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)

Cote	Énoncés
4	Un seul chariot peut transborder un camion.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Deux chariots (ou plus) peuvent à l'occasion transborder le même camions.
1	Entre 0 et 2.
0	Deux chariots (ou plus) peuvent souvent transborder le même camions.

Il arrive occasionnellement que deux chariots chargent le même camion. Pour cette raison, nous donnons une cote de 3.

Question 20 : Temps de résidence d'un camion au quai

Cote	Énoncés
4	Les camions sont transbordés en moins de 30 minutes.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Les camions sont transbordés en 2 heures ou moins.
1	Entre 0 et 2.
0	Les camions peuvent passer plusieurs heures, voir des jours au quai.

Les transbordements sont généralement assez rapide, il est très rare de voir un camion garé plus de deux heures au quai. Dans la majorité des cas, le transbordement dure 30 minutes. Donc une cote de 3.

Question 21 : Temps disponible pour les caristes

Cote	Énoncés
4	Les caristes disposent d'amplement de temps à chaque transbordement. Cette activité n'est généralement pas contrainte par le temps.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Les caristes sont parfois sous contrainte de temps et/ou disposent de peut de temps à chaque transbordement.
1	Entre 0 et 2.
0	Les caristes sont sous forte contrainte de temps pour réussir à faire tous les transbordements requis.

Les caristes ont généralement assez de temps entre les transbordements pour s'occuper par exemple de la mise en place d'une mesure de retenue, la cote de 3 peut s'appliquer ici[3].

Question 22 : Responsabilité du positionnement et du retrait des camions

Cote	Énoncés
4	La grande majorité des camions sont déplacés par un gareur et/ou uniquement par quelques camionneurs très familiers avec l'établissement et les règles de fonctionnement au quai.
3	Entre 2 et 4.
2	Les camions sont déplacés par les camionneurs eux-mêmes, qui sont toutefois assez familier avec l'établissement et les règles de fonctionnement au quai.
1	Entre 0 et 2.
0✓	Les camions sont déplacés par les camionneurs eux-mêmes, qui sont parfois peu familier avec l'établissement et les règles de fonctionnement au quai.

Il n'y a pas de gareur, et tel que mentionné dans le paragraphe d'introduction, les camionneurs peuvent venir de partout (ceux de l'expédition du moins) et donc ne pas être familiers avec les procédures de l'établissement. Une cote de 0 est donc appropriée.

Question 23 : Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque

Cote	Énoncés
4	Un camionneur repart normalement avec la semi-remorque qu'il a apportée.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Un camionneur repart environ une fois sur deux avec une autre semi-remorque que celle qu'il a apportée.
1	Entre 0 et 2.
0	Un camionneur ne repart généralement pas avec la semi-remorque qu'il a apportée.

Note explicative :
Si un gareur s'occupe de déplacer la majorité des semi-remorques, mettre une cote de 4.

Il n'y a pas de gareur, la notice explicative ne s'applique alors pas. Les camionneurs de l'expédition (50% des camions) repartent toujours avec la même semi-remorque alors que les camionneurs de la réception repartent la moitié du temps environ avec la semi-remorque. Nous considérons donc qu'environ 75% des camionneurs repartent avec la même semi-remorque, d'où une cote de 3

[3] Pour cette question en particulier, une cote de 2, 3 ou 4 aurait le même effet, seule une cote de 0 ou 1 aurait un impact (négatif) sur une mesure, différencier entre 2, 3 ou 4 n'est alors pas d'une importance majeure.

Question 24 : Gestion des camionneurs durant le transbordement

Cote	Énoncés
4	Durant le transbordement, les camionneurs sont sous la surveillance constante et directe d'un responsable du transbordement ou du cariste qui effectue le transbordement de leur semi-remorque.
3	Entre 2 et 4.
2	Durant le transbordement, les camionneurs se trouvent dans un endroit prédéterminé (dans leur tracteur, dans une salle d'attente, etc.) mais ne sont pas sous la surveillance constante et directe d'un responsable du transbordement ou du cariste qui effectue le transbordement de leur semi-remorque.
1	Entre 0 et 2.
0✓	Durant le transbordement, le responsable du transbordement ou le cariste n'ont généralement aucune information sur les allées et venues du camionneur.

Note explicative :
La cote choisie doit être supérieure ou égale à la cote de la question 22 (responsabilité du positionnement et du retrait des camions) **peut importe le contexte.**

Une petite pièce est réservée aux camionneurs qui attendent la fin du transbordement de leur camion. Ils peuvent cependant en sortir à volonté et circuler sur le quai. Dans les faits, il leur arrive fréquemment de regarder l'état du transbordement de leur camion. La cote de 0 est alors la plus appropriée.

Question 25 : Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître

Cote	Énoncés
4	Le répartiteur a un rôle central de gestion de l'information tant auprès des caristes que des camionneurs et les responsabilités qui lui sont attitrées ne sont jamais déléguées à, ou appropriées par, d'autres personnes (par exemple, si c'est le rôle du répartiteur de donner l'autorisation de départ aux camionneurs, les caristes ne le font jamais à sa place).
3	Entre 2 et 4.
2	Le répartiteur a un rôle central de gestion de l'information tant auprès des caristes que des camionneurs et les responsabilités qui lui sont attitrées sont à l'occasion déléguées à, ou appropriées par, d'autres personnes.
1✓	Entre 0 et 2.
0	Le rôle du répartiteur est généralement flou, lui et les caristes (ou autres personnes) se partagent les responsabilités selon les besoins.

Note explicative :
On entend par répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître, la personne qui gère les activités au quai, notamment en ce qui a trait à la communication avec les camionneurs et la gestion des caristes.
S'il n'y a pas de répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître mais qu'un cariste est désigné pour jouer ce rôle, considérer ce cariste comme un répartiteur.
Si personne n'est désigné pour jouer le rôle de répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître mettre une cote de 1.

Il y a un répartiteur présent qui remet à chaque cariste le bon de chargement qu'il doit effectuer. Il gère également les allées et venues des camions. Officiellement c'est cette personne qui doit donner le OK du départ aux camionneurs. Dans les faits, ce sont souvent les caristes qui s'en occupent. Par ailleurs, sur certains quarts de travail (de soir entre autres) il n'y a pas de répartiteur et aucune procédure ne précise quoi faire en son absence. Une cote de 1 ou 2 semble indiquée pour décrire cette situation.

Question 26 : Autorisation de départ différée

Cote	Énoncés
4	Il n'y a jamais d'autorisation de départ différée qui sont donnée.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Il y a parfois des autorisations de départ différées qui sont données.
1	Entre 0 et 2.
0	La majorité des autorisations de départ sont données en différé.

Note explicative :
Une autorisation de départ différée est lorsque l'on informe un camionneur ou un gareur avant la fin du transbordement qu'il pourra quitter le quai après un certain délai. Par exemple : «Viens chercher ta semi-remorque dans 20 minutes», «ça va être prêt après dîner», «Ça va être terminé à 11 :00h ce matin» etc..

Il y a rarement des autorisations de départ différées. Il est toutefois arrivé à certaines occasions que l'on dise à un camionneur qui quitte pour aller dîner : «quand tu reviendra ça sera terminé et tu pourras reprendre ta semi-remorque». Une cote de 3 semble indiquée.

Question 27 : Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai

Cote	Énoncés
4	Les caristes reçoivent une formation détaillée d'une personne qualifiée et cette formation est rafraîchie périodiquement et ils ont une bonne expérience sur les quais de transbordement.
3✓	Entre 2 et 4.
2	Les caristes sont formés de façon informelle à leur embauche et ils ont une certaine expérience sur les quais de transbordement.
1	Entre 0 et 2.
0	Les caristes ne reçoivent aucune formation et leur expérience dans le domaine est très limitée.

Note explicative :
Si la formation est faite par compagnonnage par des personnes expérimentées et qualifiées, et que les caristes ont une certaine expérience, mettre une cote de 3.
Ne compter que l'expérience en tant que cariste au quai de transbordement.

La formation est fait par compagnonnage, et les caristes ont, d'une façon générale, une assez bonne expérience (aucun cariste de peu d'expérience ne se retrouve en charge d'un transbordement). La cote de 3 est alors appropriée.

Question 28 : Qualité des règles et procédures pour les activités au quai

Cote	Énoncés
4	Il existe des procédures écrites et formelles prévoyant la grande majorité des situations possibles au quai. Ces règles et procédures sont très bien connues des personnes affectées aux activités au quai.
3	Entre 2 et 4.
2	Il existe des procédures formelles et écrites qui décrivent le travail routinier mais il n'y pas de procédures pour les situations inhabituelles (remorque de type inhabituel, incompatibilité entre mesure de retenue et semi-remorque, etc.). Ces procédures sont relativement bien connues des personnes affectées aux activités au quai.
1✓	Entre 0 et 2.
0	Il n'y a pas de procédure formelle ou les procédures ne sont pas bien connues des personnes affectées aux activités au quai. Il existe plutôt des façons de faire qui se sont développées avec le temps.

Il n'y a pas vraiment de procédure. Les méthodes utilisées par les caristes ont été développées avec le temps pour composer avec les différentes contraintes de la production. Même si ces façons de faire ne sont pas formalisées, elles font consensus parmi les caristes d'expériences et sont généralement enseignées aux nouveaux. Une cote de 1 est raisonnable.

Question 29 : Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai

Cote	Énoncés
4✓	Les règles et procédures sont généralement respectées sur tous les quarts de travail et de toutes les personnes concernées. L'établissement ne tolère aucune dérogation.
3	Entre 2 et 4.
2	Les règles et procédures ne sont pas toujours respectées. Il y a parfois des contournements qui sont tolérés.
1	Entre 0 et 2.
0	Les règles et procédures sont souvent contournées et cette situation est généralement tolérée.

Note explicative :
Attention, il est possible que les règles et procédures soient différentes d'un quart de travail à l'autre, la question cherche à savoir si les procédures en vigueur sont respectées.

Puisqu'il n'y a pas de procédures officielles il est difficile de savoir si elles seraient respectées. Il faut alors se fier aux attitudes et comportements relativement au respect des règles dans l'ensemble de l'entreprise. Par exemple, il semble que lorsque l'on donne une consigne ou un ordre à un cariste (mettre la ceinture, porter le casque, toujours arrêter avant de tourner à tel coin etc.) cet ordre est toujours bien respecté et ce, de tous les caristes. Ceux-ci comprennent pourquoi ils doivent observer les règles et le font méthodiquement par bonne volonté (ou par peur de mesures disciplinaires). La cote de 4 est donc attribuée.

Question 30 : Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai

Cote	Énoncés
4	Tous des camionneurs qui se présentent au quai connaissent bien les procédures de l'établissement et les respectent généralement sans qu'il soit nécessaire d'intervenir.
3	Entre 2 et 4.
2	La plupart des camionneurs connaissent les procédures de l'établissement mais il est régulièrement nécessaire d'intervenir pour assurer leur respect.
1✓	Entre 0 et 2.
0	Plusieurs camionneurs ne connaissent pas les procédures et il est très souvent nécessaire d'intervenir pour assurer leur respect.

Note explicative :
Si un gareur assure tous les positionnements de semi-remorques, mettre une cote de 4.
Ici, notre questionnement porte sur des aspects comme : Est-il possible de faire respecter les procédures qui s'adressent aux transporteurs; existe-t-il des ententes entre l'établissement et les transporteurs relativement aux règles de sécurité touchant les activités de transbordement? Comment les procédures sont-elles transmises aux camionneurs, s'assure-t-on qu'ils ont bien compris (dans le cas où ce n'est pas le gareur qui positionne la semi-remorque).

D'une façon générale, nous pouvons affirmer qu'autant les règles sont bien respectées des employées de l'établissement, autant c'est un chaos total au niveau des camionneurs extérieurs. Ces derniers peuvent venir de n'importe où et certains ne parlent ni le français ni l'anglais. Ils ont souvent des cultures différentes de sorte qu'il faut souvent insister avant qu'ils ne se décident à obéir aux règles de l'établissement. Comme ils changent souvent nous n'octroyons qu'une cote de 1. Cette cote tient compte du fait qu'il est possible de faire respecter les règles par les camionneurs appartenant à l'établissement.

1.2 Deuxième étape : évaluation du niveau de sécurité

Une fois le questionnaire complété, nous pouvons passer à l'évaluation de la sécurité. Pour ce faire, il faut entrer les cotes octroyées dans la colonne intitulée «cote»de la « grille d'évaluation », tel qu'illustré à la figure 2 ci-après.

L'utilitaire informatique calcule automatiquement le niveau de sécurité « sans aucune mesure de retenue » pour les trois événements dangereux (la ligne du bas de la figure 2[4]). Pour notre exemple, les niveaux de sécurité pour le départ inopiné, le glissement et le basculement sont respectivement de 2.00 2.31 et 2.38. Selon le barème établi par l'équipe de recherche[5], ces valeurs sont nettement trop faibles. Pour obtenir un niveau de sécurité supérieur ou égal à 4, des corrections devront être apportées.

[4] Certaines lignes ont été cachées pour fin de lisibilité.
[5] Rappel : 0 à 3 = améliorations à apporter
3 à 4 = améliorations souhaitables
4 et + = niveau de sécurité acceptable

Questions	Cote	Départ opine	Glissement	Basculement
1 Nature de la chaussée	4		4	
2 État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	1		1	
3 État de la cour en hiver (déneigement)	1		1	
4 Inclinaison de la cour	2		2	2
5 Espacement entre deux camions stationnées au quai (portes)	0			
6 Nombre de portes sur ce quai	2	2		
7 Numérotation des portes	2	2		
8 Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieur	1			
9 Présence de barres anti-encastrements (barres ICC)	3			
10 État général des semi-remorques	2			2
11 Longueur des semi-remorques	0		0	0
12 Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement	1		1	
13 Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement	2		2	2
14 Différence de hauteur entre le quai le camion	4		4	
15 Longueur d'appui de la lèvre du pont niveleur	2		2	
16 Masse combinée du chariot et de la charge transportée	2		2	2
17 Vitesse de circulation des chariots à l'entrée ou la sortie des camions	4		4	4
18 Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée	3	3		
19 Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)	3	3		
20 Temps de résidence d'un camion au quai	3			
21 Temps disponible pour les caristes	3			
22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	0	0		
23 Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque	3	3		
24 Gestion des camionneurs durant le transbordement	0	0		
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	1	1		
26 Autorisation de départ différée	3	3		
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	3	3	3	3
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	1	1		
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	4	4	4	4
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	1	1		
Niveau de sécurité brut		**2,00**	**2,31**	**2,38**

Figure 2. Évaluation du niveau de sécurité

Il existe essentiellement deux méthodes pour améliorer la sécurité. Travailler au niveau du contexte de travail avec l'objectif d'augmenter les cotes obtenues pour les différentes questions (30) ou ajouter des mesures de retenue. On peut évidemment choisir de travailler selon les deux approches en même temps (améliorer le respect des procédures et installer un dispositif de retenue par exemple). Cette évaluation des différentes possibilités permettra de cibler les solutions les moins onéreuses permettant d'atteindre un niveau de sécurité acceptable.

Certains aspects contextuels peuvent être améliorer plus facilement que d'autres. Si nous reprenons notre exemple nous constatons que les six variables suivantes pourraient être améliorées

- Question 7 sur la numérotation des portes. Cet élément, facile à modifier, ne nécessite que peu d'investissement. Il suffit de mettre un numéro au dessus ou sur les cotés des portes (à l'extérieur) et de s'assurer que ces numéros soient bien visibles en tout temps. La cote remonte ainsi à 4.
- Question 12 sur l'état de la suspension. Une cote de 1 a été attribuée car il n'y a aucune procédure. Il est envisageable d'en instaurer une qui obligerait les chauffeurs à dégonfler systématiquement les suspensions sur les semi-remorques. Il faut toutefois se souvenir que l'établissement a de la difficulté à faire respecter les procédures par les camionneurs externes ce qui compromet l'efficacité de cette solution. Pour les fins de notre exemple, supposons que l'établissement implémente cette pratique et qu'elle réussie à avoir certains résultats, la cote pourrait alors passer de 1 à 2.
- Question 13 sur la présence des tracteurs attelés lors des transbordements. S'il était possible de laisser la totalité des semi-remorques attelées, la sécurité contre le glissement et le basculement s'en trouverait grandement améliorée. Il serait intéressant d'évaluer cette possibilité d'autant plus que si la totalité des semi-remorques restaient attelées, la mesure de retenue: «procédure de tracteur attelé» se retrouverait à être automatiquement implémentée. Pour les fins de notre exemple, nous supposons toutefois que l'établissement ne peut modifier ce paramètre (ce qui est fort probable) de sorte que la cote reste inchangée.
- Question 19 sur la co-activité. Ce questionnement montre que la co-activité existe dans l'établissement et qu'elle affecte le niveau de risque. Si les exigences de production le permettent, il est peut-être possible de limiter cette pratique. Cela ferait passer la cote de 3 à 4.
- Question 25 sur le rôle du répartiteur. Son rôle est flou et les caristes peuvent parfois s'occuper de ses tâches. De plus rien n'est précisé pour les quarts de travail où il n'est pas présent. Cette situation peut être facilement améliorée de la même façon (et en même temps) que le point suivant. En étant réaliste il est possible de dire que la cote pourrait être remontée à 3.
- Question 28 sur la qualité des règles et procédures. Il n'y a aucune procédure formelle. Il serait probablement facile d'améliorer cet aspect en faisant un consensus parmi les gens concernés; par exemple, caristes, le responsable de la sécurité, les responsables transbordement (avec l'aide d'un conseiller si nécessaire). Une fois formalisées, les règles et procédures devraient être consignées par écrit et remises à tout le personnel concerné. En restant réaliste la cote de cet exemple pourrait remonter à 3.

L'amélioration de ces six variables illustre les gains possibles. Dans cet exercice, il faut évidemment être critique face à la faisabilité des changements possibles. Il présente l'avantage de faire une évaluation systématique des éléments qui nuisent à la sécurité et ce, avant même d'envisager de nouvelles mesures de retenue. Toujours dans notre exemple, nous constatons

qu'après ces modifications[6] les nouvelles cotes sont maintenant de 2.54 2.38 et 2.38 respectivement pour le départ inopiné, le glissement et le basculement.

La deuxième façon d'améliorer la situation est d'avoir recours aux mesures de retenue. La figure 3 montre la partie de l'outil relié à ces mesures et à leur choix. Pour poursuivre notre exemple, deux mesures ont été choisies et cochées sur la grille, soit les cales manuelles et la «procédure de communication avec le camionneur ou gareur». Cette dernière est probablement la mesure la moins chère et est même déjà implémentée si le point 6 (de la question 28) du paragraphe précédent a été pris en compte. On constate alors que cette mesure procédurale apporte une amélioration de 0.2 contre le départ inopiné mais rien pour les deux autres événements dangereux. Quant aux cales manuelles, elles n'apportent aucune amélioration, ceci est dû en bonne partie au fait que les camionneurs externes ne respectent pas souvent les règles. L'outil tient compte de cet élément en dévaluant l'efficacité de cette mesure. Il est possible d'observer toutes les raisons qui font que les cales sont moins efficaces en analysant la matrice d'évaluation des mesures de retenue. Une conséquence de cette approche est que l'abandon de cette mesure (les cales manuelles) ne change en rien le niveau de sécurité. Le niveau de sécurité des trois événements dangereux une fois la nouvelle mesure sélectionnée donne 2.74, 2.38 et 2.38, il reste donc du travail à faire pour amener ces valeurs à un niveau acceptable.

	Impact	Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement	Impact	Dispositif de retenue des roues (auto.)	Impact	Cale manuelle	Impact	Cale à réfection de positionnement et plaque de retenue	Impact	Procédure du tracteur attelé	Impact	Chandelle sous la semi-remorque	Impact	Signalisation visuelle	Impact	Alarme sonore	Impact	Procédure de retenue des cles	Impact	Procédure de relation poids / travail / longueur semi-remorque	Impact	Procédure de communication avec camionneur ou gareur
		-60%		-80%		-100%		-100%		-10%		-100%		-70%		-30%		-50%		-40%		-100%
Améliorations maximales possibles																						
Départ inopiné		1.0		3.0		0.0		1.0		0.0		0.0		0.5		1.0		3.0		0.0		1.0
Glissement		3.0		3.0		0.5		3.0		3.0		0.0		0.0		1.0		0.0		0.0		0.0
Basculement		1.0		0.0		0.0		0.0		3.0		3.0		0.0		0.0		0.0		3.0		0.0
Améliorations selon les conditions de l'établissement																						
Départ inopiné		0.4		0.6		0.0		0.0		0.0		0.0		0.2		0.7		1.5		0.0		0.0
Glissement		1.2		0.6		0.0		0.0		2.7		0.0		0.0		0.7		0.0		0.0		0.0
Basculement		0.4		0.0		0.0		0.0		2.7		0.0		0.0		0.0		0.0		1.8		0.0
Sélectionner mesures actuelles ou envisagées						x																x

Figure 3. Les différentes mesures de retenue et leur efficacité

Le tableau des améliorations possibles peut aider à déterminer quelles mesures seraient utiles pour améliorer le niveau de sécurité. Dans le cas présent, le niveau de sécurité face au glissement est trop faible, il faut donc l'augmenter. En regardant la ligne correspondante (à la figure 3, la ligne pointée par une flèche) on constate que quatre mesures peuvent améliorer la situation contre le glissement, soit le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement [+1.2 contre le glissement], le dispositif de retenue des roues [+0.6], la procédure du tracteur attelé [+2.7] et l'alarme sonore [+0.7]. Il n'y a pas de techniques particulières pour déterminer quelles mesures seraient les meilleures pour l'établissement. La méthode la plus simple est de faire des essais et d'observer l'impact des différentes combinaisons pour ensuite choisir celle qui semble la plus intéressante. Dans le présent exemple, la procédure de tracteur attelé est très intéressante, cependant il est bien possible que cette procédure ne soit pas applicable dans cet établissement. Un choix intéressant serait un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement. Plusieurs modèles de ces dispositifs sont vendus avec un système de

[6] Il est parfois préférable de donner un peu de temps à l'établissement entre chaque modification majeure pour laisser le temps aux personnes concernées de se familiariser avec chacune des modifications.

signalisation et une alarme sonore. Si l'on coche ces trois mesures le niveau de sécurité passe à : 4.24 ; 4.88 et 2.98 respectivement pour le départ inopiné, le glissement et le basculement. Si cette solution était implémentée, il ne resterait qu'un léger problème au niveau du basculement. L'outil nous indique qu'il ne reste plus qu'une mesure ayant un impact sur le risque de basculement, soit la procédure de relation poids chariot / longueur semi-remorque (la procédure du tracteur attelé ayant été abandonnée et les chandelles n'améliorant plus le basculement[7]). Cette mesure est procédurale et ne demande donc aucun investissement financier important. Cette dernière modification amène le niveau de sécurité à 4.24 ; 4.88 et 5.38, ce qui répond aux critères de sécurité que l'établissement s'était assignée.

1.3 L'utilisation des fiches de mise en oeuvre

Une fois les mesures de retenue choisies, il faut les implanter dans l'établissement. Pour guider le responsable dans cette démarche, des fiches de mise en œuvre de chacune des mesures de retenue ont été créées. Ces fiches se veulent un aide-mémoire pour la mise en place des mesures de retenue. Dans le présent exemple, les fiches sur les dispositifs de retenue de la barre anti-encastrement, celle sur la signalisation visuelle, sur l'alarme sonore et sur la procédure de relation poids chariot / longueur semi-remorque devraient être consultées. Chacune de ces fiches aide l'utilisateur à faire un choix entre les différents modèles disponible sur le marché et à identifier les procédures nécessaires au bon fonctionnement des mesures. Toutes ces procédures devraient être regroupées ensemble afin d'éliminer toutes redondances et en faciliter la diffusion et la mise en place.

[7] Cette mesure (chandelles) est généralement très efficace contre le basculement et assez simple à mettre en œuvre, l'exemple décris ici est un cas assez particulier où la chandelle perd tous ses points, ce qui est normalement très rare.

ÉTUDES ET RECHERCHES

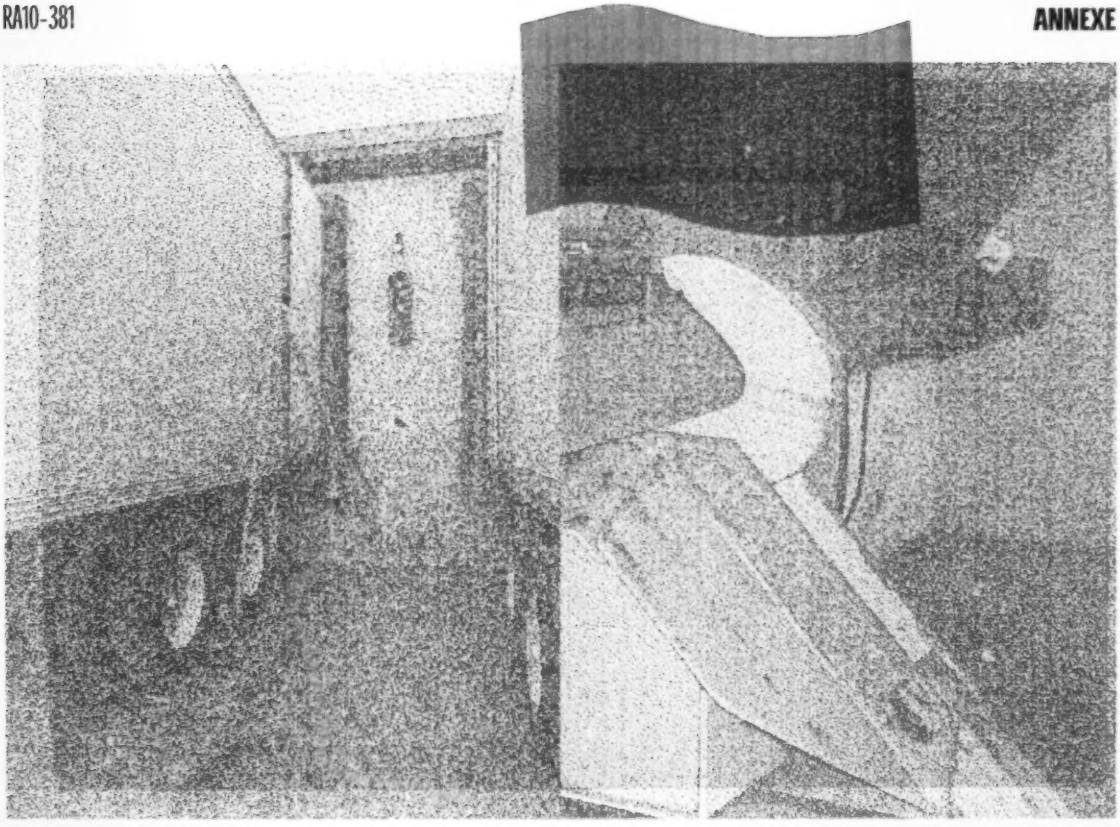
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Questionnaire de caractérisation contextuelle

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA10-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Questionnaire de caractérisation contextuelle

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2], Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE J

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

1 Nature de la chaussée de la cour

Cote	Énoncés
4	La chaussée est pavée (asphaltée ou bétonnée ou comporte une plaque spéciale au niveau des roues) et est en bon état.
3	Entre 2 et 4.
2	La chaussée est en gravier ou en pavé de mauvais état.
1	Entre 0 et 2.
0	La chaussée est en sable ou en terre battue.

2 État de la chaussée aux abords du quai (présence de glace, neige, sable, débris)

Cote	Énoncés
4	La chaussée est toujours propre, exempt de glace ou de neige en hiver, ou de sable ou de débris sur le pavé.
3	Entre 2 et 4.
2	La glace et la neige qui se retrouvent parfois sur la chaussée sont enlevés et du sel et des abrasifs sont utilisés. Le sable ou les débris qui se retrouvent sur le pavé sont nettoyés régulièrement.
1	Entre 0 et 2.
0	De la glace et de la neige s'accumulent sur la chaussée. Du sable ou des débris s'accumulent sur le pavé.

Note explicative :

Par abords du quai, on considère la zone où se trouvent généralement les roues arrière du camion[1] (environ 3 mètres du quai). Pour mieux évaluer cet aspect, il faut regarder le système de drainage, la pente de la cour, la présence de roulières et les protections contre les intempéries. Il faut regarder ce qui peut se retrouver sous les roues. S'il y a des roulières, alors l'eau peut s'y accumuler et geler. De la même façon, si le drainage est mauvais ou mal positionné et que l'on a une pente inclinée vers le quai, l'eau peut se retrouver sous les roues. Il n'y aura probablement jamais de glace dans un quai intérieur chauffé (ou du moins où la température reste au dessus de 0°C). L'orientation du quai peut aussi avoir une certaine influence, un quai faisant face au nord aura moins d'ensoleillement, la glace va fondre moins rapidement qu'un quai faisant face au sud. Ces situations ont été observées dans quelques établissements[2].

3 État de la cour en hiver (déneigement)

Cote	Énoncés
4	La neige ne peut s'accumuler dans la cour entre les camions (quai intérieur fermé).
3	Entre 2 et 4.
2	Le déneigement est rapide et efficace de sorte que les accumulations de neige sont limitées.
1	Entre 0 et 2.
0	Des accumulations importantes de neige sont fréquentes.

[1] Afin d'alléger le texte, le mot « camion » sera utilisé pour désigner non seulement l'ensemble tracteur-semi-remorque mais aussi les camions-fourgon surélevés dont la partie de chargement est indissociable de la partie motrice.

[2] Attention, si une porte fait face au sud, elle ne reçoit pas nécessairement d'ensoleillement.

4 Inclinaison de la cour

Cote	Énoncés
4	La cour est inclinée vers le quai de 10% ou plus.
3	Entre 2 et 4.
2	La cour est parfaitement plate.
1	Entre 0 et 2.
0	La cour est inclinée vers l'extérieur de 10% ou plus.

5 Espacement entre deux camions stationnés au quai

Cote	Énoncés
4	Il y a plus de 112 centimètres [44"] entre deux camions stationnés et ce pour toutes les portes.
3	Entre 2 et 4.
2	Il y a moins de 76 centimètres [30"] entre deux camions stationnés.
1	Entre 0 et 2.
0	Il y a moins de 61 centimètres [24"] entre deux camions stationnés.

Note explicative :
Ce qui nous intéresse ici, c'est la largeur du passage pour aller positionner une cale. Cela s'applique aussi au passage entre un mur et un camion.

6 Nombre de portes sur ce quai

Cote	Énoncés
4	Il n'y a qu'une seule porte.
3	Entre 2 et 4.
2	Il y a de 5 à 10 portes.
1	Entre 0 et 2.
0	Il y a plus de 20 portes.

7 Numérotation des portes

Cote	Énoncés
4	Les portes sont très bien identifiées à l'extérieur et à l'intérieur, les affiches sont toujours visibles et ne portent pas à confusion.
3	Entre 2 et 4.
2	L'identification des portes peut porter à confusion ou encore elles ne sont pas toujours visibles par les camionneurs (noirceur, cachées...).
1	Entre 0 et 2
0	Les portes ne sont pas identifiées.

Note explicative :
Si le quai ne compte qu'une seule porte, mettre une cote de 4.
Si le quai ne compte que deux portes, mettre une cote de 2 ou plus selon la qualité de la signalisation.
Une identification peut être qualifiée comme étant bonne si elle est visible en tout temps (lorsque les portes sont ouvertes, lorsque toutes les portes sont occupées par des camions, etc.) et les chiffres ou lettres qui la composent sont écrits assez gros pour que les camionneurs les distinguent facilement de l'endroit où ils doivent les rechercher.

8 Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieure

Cote	Énoncés
4	Il y a moins de 5 mètres [5'3"] entre la porte piétonne et la porte de camion la plus éloignée.
3	Entre 2 et 4.
2	Il y a moins de 20 mètres [66'] entre la porte piétonne et la porte de camion la plus éloignée.
1	Entre 0 et 2.
0	Il y a plus de 50 mètres [164'] entre la porte piétonne et la porte de camion la plus éloignée.

Note explicative :
On réfère ici à la distance maximale qu'aura à parcourir une personne pour atteindre une porte piétonne donnant accès à la cour.

9 Présence de barres anti-encastrements (barres ICC)

Cote	Énoncés
4	La presque totalité des camions arrivant au quai possèdent une barre anti-encastrement.
3	Entre 2 et 4.
2	Plus de 75% des camions arrivant au quai ont une barre anti-encastrement.
1	Entre 0 et 2.
0	Moins de 50% des camions arrivant au quai ont une barre anti-encastrement.

10 État général des semi-remorques

Cote	Énoncés
4	La presque totalité des semi-remorques arrivant au quai sont récentes et en très bon état.
3	Entre 2 et 4.
2	La plupart des semi-remorques arrivant au quai sont en bon état.
1	Entre 0 et 2.
0	Plusieurs des semi-remorques arrivant au quai sont relativement vielles et leur état laisse souvent à désirer.

Note explicative :
Cette question permet d'évaluer indirectement l'état (qualité de construction et niveau de dégradation) des barres anti-encastrement (barres ICC) ainsi que des béquilles.

11 Longueur des semi-remorques

Cote	Énoncés
4	La presque totalité des semi-remorques arrivant au quai ont une longueur de 16.2 m [53'] ou plus ou sont des camions-fourgons surélevés.
3	Entre 2 et 4.
2	La majorité des semi-remorques ont une longueur entre 11 m et 13.7 m [36' et 45'].
1	Entre 0 et 2.
0	Des semi-remorques d'une longueur de 9.75 m [32'] ou moins se présentent à l'occasion au quai.

Note explicative :
Si la cote 0 s'applique, elle a priorité.
Les camions-fourgons surélevé doivent être considérés au même niveau que des semi-remorques de 16.2 m [53'].

12 Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement

Cote	Énoncés
4	Les suspensions à air des semi-remorques sont toujours neutralisées ou il n'y a pas de semi-remorques avec suspension à air.
3	Entre 2 et 4.
2	Une partie des semi-remorques ont des suspensions à air et mais elles ne sont pas toujours neutralisées.
1	Entre 0 et 2.
0	La majorité des semi-remorques ont des suspensions à air et elle ne sont pas neutralisées.

Note explicative :
Il y a différentes façons de neutraliser les suspensions à air, la plus répandue étant de dégonfler la suspension avant le transbordement. Par contre, certaines compagnies installent directement sur leur semi-remorque un dispositif permettant de bloquer les mouvements causés par l'affaissement de la suspension. Il est à noter que le simple fait de dételer le tracteur de la semi-remorque ne permet pas nécessairement de dégonfler la suspension, bien que ce soit le cas de plusieurs modèles de semi-remorques.

13 Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement

Cote	Énoncés
4	Tous les transbordements se font avec le tracteur attelé à la semi-remorque ou dans des camions-fourgons surélevé.
3	Entre 2 et 4.
2	La majorité des transbordements se font avec le tracteur attelé à la semi-remorque ou dans des camions-fourgons surélevé.
1	Entre 0 et 2.
0	La majorité les transbordements se font sans tracteur attelé.

14 Différence de hauteur entre le quai et le camion

Cote	Énoncés
4	Le plancher du camion et celui du quai sont à la même hauteur ou celui du camion est plus haut.
3	Entre 2 et 4.
2	Le plancher du camion est 15 centimètres [6"] en dessous du niveau du plancher du quai.
1	Entre 0 et 2.
0	Le plancher du camion est 30 centimètres [12"] ou plus en dessous du niveau du plancher du quai.

Note explicative :
Cette question sert à qualifier l'importance de l'impact produit par la descente brusque du chariot dans le camion.
Si la dénivellation est graduelle (en pente douce) en raison de la longueur du pont niveleur, mettre une cote de 4 peut importe la différence de hauteur.

15 Longueur d'appui de la lèvre du pont niveleur(voir la page 10 pour explications)

Cote	Énoncés
4	La lèvre pénètre de plus de 30 centimètres [11¾"] dans le camion.
3	Entre 2 et 4.
2	La lèvre pénètre de 10 à 15 centimètres [4" à 6"] dans le camion.
1	Entre 0 et 2.
0	La lèvre pénètre de moins 5 centimètres [2"] dans le camion.

Note explicative :
La longueur recherchée n'est pas la longueur de la lèvre elle-même, mais la longueur utile d'appuie sur le plancher du camion, voir la figure 1 et la figure 2 à la page 10 pour un exemple de cette longueur.

16 Masse combinée du chariot et de la charge transportée

Cote	Énoncés
4	La masse combinée du chariot et de la charge (la plus lourde) est de moins de 6500 Kg [14 300 lbs].
3	Entre 2 et 4.
2	La masse combinée du chariot et de la charge (la plus lourde) est de moins de 8 500 Kg [18 700 lbs].
1	Entre 0 et 2.
0	La masse combinée du chariot et de la charge (la plus lourde) dépasse les 12 000 Kg [26 500 lbs].

17 Vitesse de circulation des chariots à l'entrée ou la sortie des camions

Cote	Énoncés
4	Les chariots circulent lentement, à la vitesse de marche normale (environ 3 Km/h ou 1.86 mph).
3	Entre 2 et 4.
2	Les chariots circulent à la vitesse d'un pas de jogging (environ 6 Km/h ou 3.73 mph).
1	Entre 0 et 2.
0	Les chariots circulent à la vitesse d'un pas de course rapide (environ 10 Km/h ou 6.21 mph).

18 Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée

Cote	Énoncés
4	3 camions ou moins sont transbordés à l'heure pendant la période la plus achalandée.
3	Entre 2 et 4.
2	6 camions ou moins sont transbordés à l'heure pendant la période la plus achalandée.
1	Entre 0 et 2.
0	10 camions ou plus sont transbordés à l'heure pendant la période la plus achalandée.

19 Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)

Cote	Énoncés
4	Un seul chariot peut transborder un camions.
3	Entre 2 et 4.
2	Deux chariots (ou plus) peuvent à l'occasion transborder le même camions.
1	Entre 0 et 2.
0	Deux chariots (ou plus) peuvent souvent transborder le même camions.

20 Temps de résidence d'un camion au quai

Cote	Énoncés
4	Les camions sont transbordés en moins de 30 minutes.
3	Entre 2 et 4.
2	Les camions sont transbordés en 2 heures ou moins.
1	Entre 0 et 2.
0	Les camions peuvent passer plusieurs heures, voir des jours au quai.

21 Temps disponible pour les caristes

Cote	Énoncés
4	Les caristes disposent d'amplement de temps pour effectuer chaque transbordement. Cette activité n'est généralement pas contrainte par le temps.
3	Entre 2 et 4.
2	Les caristes sont parfois sous contrainte de temps et/ou disposent de peu de temps pour chaque transbordement.
1	Entre 0 et 2.
0	Les caristes sont sous forte contrainte de temps pour réussir à faire tous les transbordements requis.

22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions

Cote	Énoncés
4	La grande majorité des camions sont déplacés par un gareur et/ou uniquement par quelques camionneurs très familiers avec l'entreprise et les règles de fonctionnement au quai.
3	Entre 2 et 4.
2	Les camions sont déplacés par les camionneurs eux-mêmes, qui sont toutefois assez familiers avec l'entreprise et les règles de fonctionnement au quai.
1	Entre 0 et 2.
0	Les camions sont déplacés par les camionneurs eux-mêmes, qui sont parfois peu familiers avec l'entreprise et les règles de fonctionnement au quai.

Note explicative :
Un camionneur « très familier » est un employé de l'établissement ou qui travaille presque exclusivement pour l'établissement et est très familier avec les règles de fonctionnement au quai.

23 Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque

Cote	Énoncés
4	Un camionneur repart normalement avec la semi-remorque qu'il a apportée.
3	Entre 2 et 4.
2	Un camionneur repart environ une fois sur deux avec une autre semi-remorque que celle qu'il a apportée.
1	Entre 0 et 2.
0	Un camionneur ne repart généralement pas avec la semi-remorque qu'il a apportée.

Note explicative :
Si un gareur s'occupe de déplacer la majorité des semi-remorques, mettre une cote de 4.

24 Gestion des camionneurs durant le transbordement

Cote	Énoncés
4	Durant le transbordement, les camionneurs sont sous la surveillance constante et directe d'un responsable du transbordement ou du cariste qui effectue le transbordement de leur camion.
3	Entre 2 et 4.
2	Durant le transbordement, les camionneurs se trouvent dans un endroit prédéterminé (dans leur tracteur, dans une salle d'attente, etc.) mais ne sont pas sous la surveillance constante et directe d'un responsable du transbordement ou du cariste qui effectue le transbordement de leur camion.
1	Entre 0 et 2.
0	Durant le transbordement, le responsable du transbordement ou le cariste n'ont généralement aucune information sur les allées et venues du camionneur.

Note explicative :
La cote choisie doit être supérieure ou égale à la cote de la question 22 (responsabilité du positionnement et du retrait des camions **) peut importe le contexte.** Cette notice provient de la constatation qu'un camionneur sans surveillance traînant sur le quai peut poser des actions dangereuses ou non conformes aux règles en vigueur. Cependant, un camionneur très familier (question 22) connaît les procédures et les dispositifs de retenue et pose donc moins de dangers s'il est laissé sans surveillance sur le quai.

25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître

Cote	Énoncés
4	Le répartiteur a un rôle central de gestion de l'information tant auprès des caristes que des camionneurs et les responsabilités qui lui sont attitrées ne sont jamais déléguées à, ou appropriées par, d'autres personnes (par exemple, si c'est le rôle du répartiteur de donner l'autorisation de départ aux camionneurs, les caristes ne le font jamais à sa place).
3	Entre 2 et 4.
2	Le répartiteur a un rôle central de gestion de l'information tant auprès des caristes que des camionneurs et les responsabilités qui lui sont attitrées sont à l'occasion déléguées à, ou appropriées par, d'autres personnes.
1	Entre 0 et 2.
0	Le rôle du répartiteur est généralement flou, lui et les caristes (ou autres personnes) se partagent les responsabilités selon les besoins.

Note explicative :
On entend par répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître, la personne qui gère les activités au quai, notamment en ce qui a trait à la communication avec les camionneurs et la gestion des caristes.
S'il n'y a pas de répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître mais qu'un cariste est désigné pour jouer ce rôle, considérer ce cariste comme un répartiteur.
Si personne n'est désigné pour jouer le rôle de répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître mettre une cote de 1.

26 Autorisation de départ différée

Cote	Énoncés
4	Il n'y a jamais d'autorisation de départ différée qui sont donnée.
3	Entre 2 et 4.
2	Il y a parfois des autorisations de départ différées qui sont données.
1	Entre 0 et 2.
0	La majorité des autorisations de départ sont données en différé.

Note explicative :
Une autorisation de départ différée est quand l'on informe un camionneur ou un gareur avant la fin du transbordement qu'il pourra quitter le quai après un certain délai. Par exemple : «Viens chercher ta remorque dans 20 minutes», «ça va être prêt après dîner», «Ça va être terminé à 11 :00h ce matin» etc..

27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai

Cote	Énoncés
4	Les caristes reçoivent une formation détaillée d'une personne qualifiée et cette formation est rafraîchie périodiquement **et** ils ont une bonne expérience sur les quais de transbordement.
3	Entre 2 et 4.
2	Les caristes sont formés de façon informelle à leur embauche et ils ont une certaine expérience sur les quais de transbordement.
1	Entre 0 et 2.
0	Les caristes ne reçoivent aucune formation et leur expérience dans le domaine est très limitée.

Note explicative :
Si la formation est faite par compagnonnage par des personnes expérimentées et qualifiées, et que les caristes ont une certaine expérience, mettre une cote de 3.
Ne compter que l'expérience en tant que cariste au quai de transbordement.

28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai

Cote	Énoncés
4	Il existe des procédures écrites et formelles prévoyant la grande majorité des situations possibles au quai. Ces règles et procédures sont très bien connues des personnes affectées aux activités au quai.
3	Entre 2 et 4.
2	Il existe des procédures formelles et écrites qui décrivent le travail routinier mais il n'y pas de procédures pour les situations inhabituelles (semi-remorque de type inhabituel, incompatibilité entre mesure de retenue et camion, etc.). Ces procédures sont relativement bien connues des personnes affectées aux activités au quai.
1	Entre 0 et 2.
0	Il n'y a pas de procédure formelle ou les procédures ne sont pas bien connues des personnes affectées aux activités au quai. Il existe plutôt des façons de faire qui se sont développées avec le temps.

29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai

Cote	Énoncés
4	Les règles et procédures sont généralement respectées sur tous les quarts de travail et de toutes les personnes concernées. L'entreprise ne tolère aucune dérogation.
3	Entre 2 et 4.
2	Les règles et procédures ne sont pas toujours respectées. Il y a parfois des contournements qui sont tolérés.
1	Entre 0 et 2.
0	Les règles et procédures sont souvent contournées et cette situation est généralement tolérée.

Note explicative :
Attention, il est possible que les règles et procédures soient différentes d'un quart de travail à l'autre. La question cherche à savoir si les procédures, les règles et les bonnes pratiques en usage dans l'établissement et particulièrement au quai sont respectées.

30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai

Cote	Énoncés
4	Tous des camionneurs qui se présentent au quai connaissent bien les procédures de l'établissement et les respectent généralement sans qu'il soit nécessaire d'intervenir.
3	Entre 2 et 4.
2	La plupart des camionneurs connaissent les procédures de l'établissement mais il est régulièrement nécessaire d'intervenir pour assurer leur respect.
1	Entre 0 et 2.
0	Plusieurs camionneurs ne connaissent pas les procédures et il est très souvent nécessaire d'intervenir pour assurer leur respect.

Note explicative :
Si un gareur assure tous les positionnements de semi-remorques[3], mettre une cote de 4.
Est-il possible de faire respecter les procédures qui s'adressent aux transporteurs? Existe-t-il des ententes entre l'établissement et les transporteurs relativement aux règles de sécurité touchant les activités de transbordement? Comment les procédures sont-elles transmises aux camionneurs? S'assure-t-on qu'elles sont bien comprises (dans le cas où ce n'est pas le gareur qui positionne les camions)?

[3] Ou si un gareur assure le positionnement de toutes les semi-remorques de camionneurs non familiers, i.e. : il n'y a que des camionneurs familiers ou le gareur qui déplacent les semi-remorques

1. Explications sur la mesure de la lèvre du pont niveleur (question 15)

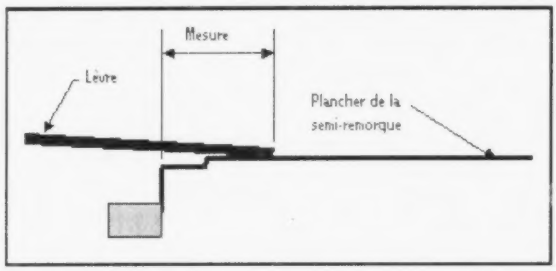


Figure 1. Mesure de la longueur d'appui de la lèvre

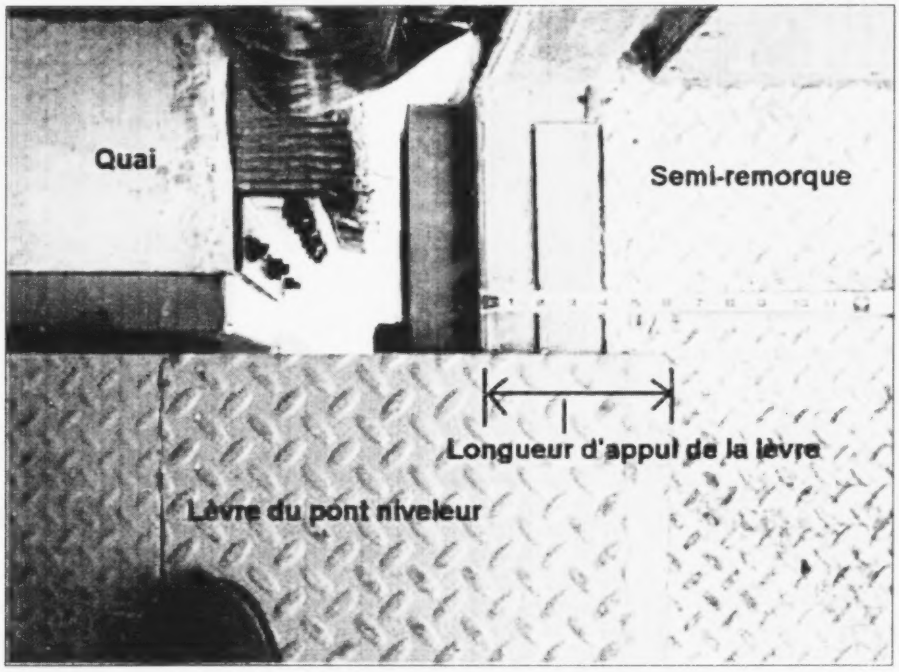


Figure 2. Longueur d'appui de la lèvre

1. Explications sur la mesure de la lèvre du pont niveleur (question 15)

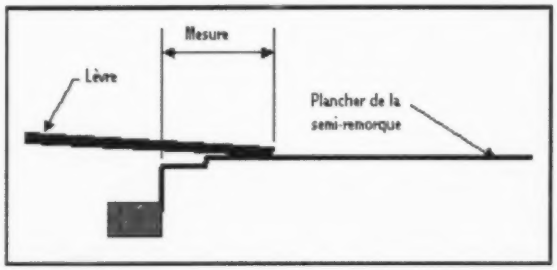


Figure 1. Mesure de la longueur d'appui de la lèvre

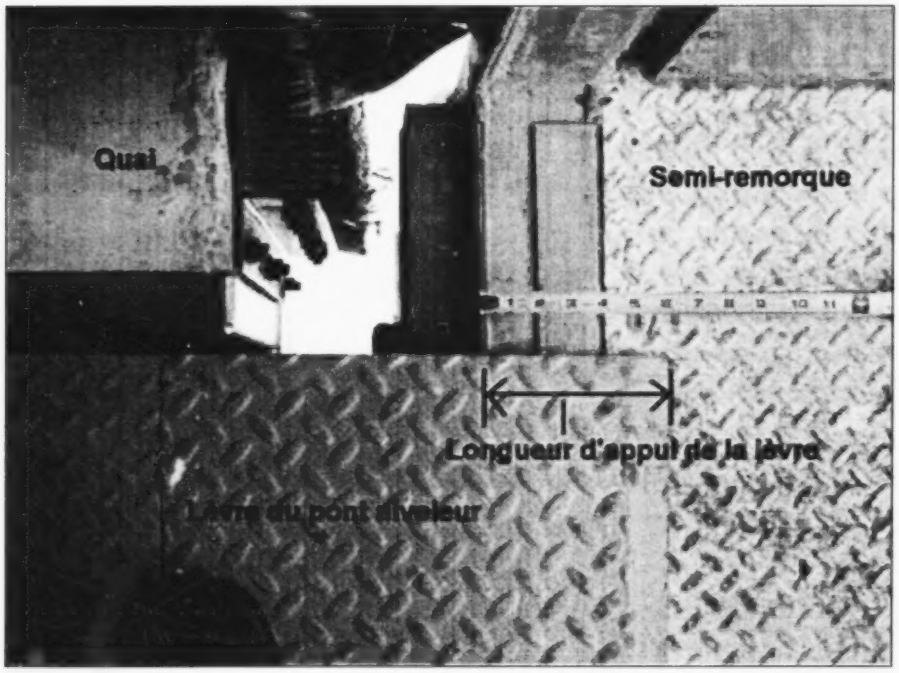


Figure 2. Longueur d'appui de la lèvre

JUSTIFICATIONS DES QUESTIONS

1 Question 1 : Nature de la chaussée de la cour

Le glissement de la semi-remorque dépend principalement de deux facteurs, soit les charges appliquées à l'intérieur du camion (mouvements induits par le chariot) et le frottement entre la camion et le sol. Un sol asphalté ou en béton génère une bonne force de friction avec les roues et éventuellement avec certains types de cales, alors que d'autres matériaux sont plus enclins au glissement. Une simulation réalisée au cours de l'étude a permis d'établir que la nature de la chaussée avait un impact notable sur la force de friction.

Un autre aspect du type de chaussée est sa compatibilité avec certains dispositifs. Quelques modèles ont besoin d'une chaussée asphaltée pour fonctionner à leur plein potentiel, comme les dispositifs de retenue automatique des roues par exemple.

2 Question 2 : État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)

Tout comme la nature de la chaussée, l'état de celle-ci peut contribuer grandement au glissement de la semi-remorque en modifiant le coefficient de friction entre le sol et les pneus de la semi-remorque et des béquilles. La présence de glace, de neige compactée, d'eau ou de débris sur la chaussée augmente les probabilités d'obtenir un glissement. Après avoir discuté avec les personnes concernées et effectué les modélisation de glissement, il apparaît que la glace joue effectivement un rôle important pour ce qui est du glissement et ceci à deux niveaux; soit le coefficient de friction entre la chaussée et la semi-remorque, et la perception du conducteur du camion. Ce deuxième cas n'a été constaté qu'une seule fois, mais a conduit à un incident. En effet, le camionneur croyant qu'il avait affaire à de la glace a donné plus de puissance au moteur et le dispositif qui la remorque au quai n'a pas résisté.

Certains mesures de retenue sont également affectés par ce facteur. Par exemple, si de la neige (ou de la glace) se retrouve aux abords du quai cela peut éventuellement bloquer les mécanismes ou, dans le cas des cales, les emprisonner sous une couche de neige ou de glace.

3 Question 3 : État de la cour en hiver (déneigement)

Certaines mesures de retenue requièrent q'un opérateur se déplace dans la cour pour aller placer un dispositif (cale, chandelle etc.). Une cour complètement enneigée peut inciter les opérateurs à ne pas aller placer le dispositif. Il peut également arriver le dispositif soit complètement recouvert de neige de sorte que le camionneur ne peut le trouver. Quant au glissement, une accumulation de neige sous la semi-remorque peut se transformer en glace sous la pression. Cette situation peut réduire de façon significative la résistance au glissement au niveau des béquilles.

4 Question 4 : Inclinaison de la cour

Dans l'évaluation du glissement de la semi-remorque, il a été déterminé qu'une pente vers la cour facilite le glissement alors qu'une pente vers le quai produit l'effet inverse. La modélisation du basculement a également montré que la pente de la cour avait un certain effet sur le basculement. Quant aux mesures de retenues, selon certains témoignages, dans le cas d'une pente vers la cour les opérateurs seraient tentés de placer une cale un peu plus loin de la roue

pour éviter qu'elle ne reste coincée sous la roue lorsque le camion glisse légèrement ou s'affaisse un peu, ce qui réduit l'efficacité de la cale.

5 Question 5 : Espacement entre deux camions stationnés au quai

La distance entre les portes détermine l'espace que le camionneur (ou une autre personne désignée) disposera pour positionner une cale ou tout autre dispositif qui requière que l'opérateur se déplace vers l'arrière du camion. Une enquête a révélé qu'un espace restreint entre les camions est un facteur déterminant dans la mise en place de certains dispositifs (cales de roues notamment). Une largeur minimale de 112 cm est requise pour permettre un travail en position accroupie (avec des vêtements d'hiver), ce qui correspond à la posture adoptée pour retirer une cale.

6 Question 6 : Nombre de portes sur ce quai

Le nombre de portes peut jouer un rôle dans la complexité des opérations. En effet, plus il y a de portes, plus il y a possibilité d'erreurs. Cet effet se répercute principalement sur le départ inopiné mais également sur l'efficacité des alarmes sonores puisqu'une personne pourrait confondre une alarme avec celle d'un autre quai.

7 Question 7 : Numérotation des portes

Même si le signal autorisant le départ du camionneur a été donné correctement, il subsiste un danger de départ inopiné si le camionneur ne prend pas la bonne semi-remorque. Ceci peut se produire seulement si la semi-remorque est dételée et que le camionneur ne repart pas avec la même semi-remorque. Même si le camionneur a reçu le bon numéro de porte, il peut se tromper si l'identification des portes est inadéquate.

8 Question 8 : Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieure

La distance maximale entre la porte d'accès à l'usine et le quai le plus éloigné représente la distance qu'aura a parcourir à l'extérieur de l'entreprise un opérateur pour aller placer ou retirer certains dispositifs ne pouvant être atteint que de l'extérieur (cales). L'enquête a révélé que cette distance peut causer problèmes (surtout en hiver) et faire en sorte que certains caristes (ou camionneurs ayant oublié de les placer) peuvent négliger d'aller installer les cales. Parmi les raisons invoquées, nous retrouvons le manque de temps et les mauvaises conditions météo. Il peut également arriver que le transbordement débute pendant qu'un opérateur se déplace pour aller positionner le dispositif et ainsi exposer le cariste aux risques que représentent un camion non retenu.

9 Question 9 : Présence de barres anti-encastrements (barres anti-encastrement)

Plusieurs dispositifs de retenue s'accrochent à la barre anti-encastrement des camions. Or, certains camions n'ont pas une configuration arrière traditionnelle, en raison notamment de la présence d'une plate-forme élévatrice ou d'un attelage pour train routier. Ce paramètre est d'importance cruciale pour le choix de la mesure de retenue car chaque camion non compatible avec le dispositif doit être traité de façon différente.

10 Question 10 : État général des semi-remorques

Lorsque les camions ou les semi-remorques vieillissement et/ou sont mal entretenus, leur barre anti-encastrement est souvent endommagée. Plusieurs établissements nous ont rapporté que leur dispositif de retenue arrache des barres anti-encastrement. Une enquête sur les barres a permis de constater que certaines barres (surtout les plus anciennes) sont trop faibles (par conception) pour supporter une force de traction même légère (elles sont normalement conçues pour résister à des forces de compression). D'autres sont en assez mauvais état pour ne pas être capable de supporter la force qu'elles doivent normalement supporter.

Lors de l'évaluation de l'état des semi-remorques, il faut également s'intéresser à l'état des béquilles. Ces dernières peuvent s'avérer trop faibles (endommagées, rouillées etc.) pour supporter la charge pour laquelle elles ont été conçues, augmentant ainsi la probabilité d'affaissement des béquilles (un des risques du basculement).

11 Question 11 : Longueur des semi-remorques

La longueur entre les béquilles et le devant de la semi-remorque varie assez peu de sorte que pour les semi-remorques plus courtes, les béquilles sont plus près du centre de gravité. Si trop de poids est placé devant les béquilles, alors il y a risque de basculement. Lors de la simulation sur le basculement il a été démontré qu'une semi-remorque de 14.6 m ou plus ne pouvais pas basculer (ou avait des probabilités très faibles dans des conditions jugées normales). À l'inverse, les semi-remorques de 9.75m ou moins avaient de très fortes chances de basculer si le tracteur ou une béquille supplémentaire n'était pas utilisée. Par ailleurs, si la semi-remorque est courte, lorsque le chariot arrive dans le fond de la semi-remorque la majeure partie du poids combiné du chariot et de la semi-remorque se retrouve sur les béquilles et non plus sur les roues. Étant donné que les béquilles glissent plus facilement que les roues, la probabilité de glissement augmente.

12 Question 12 : Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement

Les suspensions à air qui s'affaissent peuvent causer des problèmes avec certains dispositifs. En effet, lorsque la charge dans la semi-remorque augmente, les suspensions s'affaissent légèrement ce qui entraîne un léger déplacement de la semi-remorque vers l'avant et ce même si les roues ne glissent pas. Ce phénomène qui entraîne un léger glissement de la semi-remorque est expliqué plus en détail dans le rapport final à la section 3.3.7. Si la lèvre du pont niveleur est trop courte ou si le dispositif de retenu ne peut permettre un certain jeu alors il pourrait y avoir des problèmes.

Lors de visites il a été constaté que les suspensions à air causaient des problèmes ou du moins plusieurs personnes les craignaient, croyant qu'elles pouvaient être à elles seules la cause de certains accidents. Une étude plus poussée a donc été réalisée sur le sujet. Il apparaît en effet, après simulation, qu'un système de suspension à air peut être à la source d'un « rampage » de la semi-remorque, c'est-à-dire qu'elle pourrait avancer de quelques millimètres à chaque chargement. Cet avancement pourrait éventuellement être assez grand pour que la lèvre du pont niveleur retombe, créant ainsi un espace dans lequel le chariot peut rester coincé.

Il est possible d'annuler cet effet en dégonflant la suspension (notons que les semi-remorques attelées au tracteurs n'ont pas de problèmes de rampage). Certains modèles de semi-

remorques sont équipés d'un dispositif bloquant les mouvements de la suspension, alors que d'autres modèles dégonflent la suspension automatiquement si la semi-remorque est dételée.

13 Question 13 : Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement

Ce paramètre a plusieurs répercussions. D'une part, si le tracteur reste attelé à la semi-remorque pendant le transbordement, on réduit presque totalement le risque de glissement. Par ailleurs, le basculement est impossible si le tracteur est attelé à la semi-remorque. Finalement, cette variable a un impact sur la procédure de retenue des clefs qui devient inapplicable si le tracteur n'est pas présent.

14 Question 14 : Différence de hauteur entre le quai et le camion

Lorsqu'un chariot-élévateur descend brusquement sur une rampe pour atteindre le niveau du camion (lorsque le niveau du plancher du quai est plus haut que le plancher du camion) il y a un transfert de l'énergie potentielle à énergie cinétique. Cette énergie supplémentaire s'additionne aux forces causant le glissement, augmentant ainsi les probabilités de glissement.

15 Question 15 : Longueur d'appui de la lèvre du pont niveleur

Si la semi-remorque avance un peu (parce que le dispositif permet un certain jeu, à cause de la suspension à air ou dû à un faible glissement) et que la lèvre pénètre à l'intérieur du camion que de quelques millimètres, il y a possibilité que celle-ci ne fasse plus contact avec le camion et se replie. Il peut en résulter un espace suffisant pour que les roues du chariot-élévateur se coincent ce qui résulterait en un arrêt brusque du chariot. Cet arrêt soudain et imprévu peut créer des dommages, mais peut également être à l'origine d'une chute complète du chariot.

16 Question 16 : Masse combinée du chariot et de la charge transportée

Ce paramètre a été étudié lors des modélisations sur le glissement et sur le basculement. Les résultats ont montré qu'il affecte les probabilités des deux événements. Lorsque le chariot freine, son inertie est transmise au camion. Plus le chariot est lourd, plus la force est grande, et plus grande est la probabilité de glissement. Dans le cas du basculement, si le centre de gravité combiné (semi-remorque, marchandise et chariot) dépasse les béquilles, il y aura un basculement de la semi-remorques (si le tracteur n'est pas attelé à la semi-remorque). Plus le chariot et la charge transportée sont lourds, plus le basculement devient probable.

17 Question 17 : Vitesse de circulation des chariots à l'entrée ou la sortie des camions

La vitesse des chariots joue un rôle important pour ce qui est du glissement et du basculement de la semi-remorque. Plus cette vitesse est grande, plus la force transmise à la semi-remorque est importante. Cette force résulte du freinage du chariot. Il y a une relation entre la vitesse dans la semi-remorque et la force de freinage. En effet, plus le chariot se déplace rapidement, plus il devra freiner brusquement. La formulation proposée pour cette question vise une évaluation simple de cette variable tout en tenant compte des résultats des évaluations scientifiques.

18 Question 18 : Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée

Nous posons l'hypothèse que plus il y a de camions en transbordement, plus il y a de personnes et d'activités autour des quais. Cet achalandage peut être difficile à gérer entraînant ainsi plus d'occasions d'erreurs. L'enquête a démontré que ce type de risques existe bien et ce même si d'une façon générale, les quais très achalandés étaient souvent régis par des procédures plus efficaces. À titre d'exemple, plus il y a de camions transbordés, plus il y a de chances d'erreur de communication pouvant entraîner des départs inopinés.

19 Question 19 : Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)

Lors de l'étude, il a été constaté que le fait d'avoir plus d'un chariot-élévateur ayant accès à la même semi-remorque en même temps augmente les possibilités d'erreur. Une fois de plus, ces erreurs sont presque toutes reliées à des déficiences dans les communications et au non-respect des procédures.

20 Question 20 : Temps de résidence d'un camion au quai

Le temps de résidence des camions aux quais influence l'efficacité de certaines mesures de retenue; notamment la présence du tracteur et la procédure de retenue des clefs. Dans ces deux cas un long temps de résidence implique que le tracteur de la semi-remorque sera «retenu» longtemps, ce qui n'est pas profitable pour l'entreprise.

21 Question 21 : Temps disponible pour les caristes

Certaines mesures de retenue (particulièrement les cales) demandent un certain temps de mise en place alors que d'autres sont presque complètement automatiques et de ce fait rapide à mettre en place. Il faut tenir compte de cet aspect dans l'évaluation. L'enquête a déterminé que le manque de temps était quelquefois une raison invoquée par les opérateurs pour expliquer la non-utilisation de certains types de dispositifs.

22 Question 22 : Responsabilité du positionnement et du retrait des camions

Il est normalement plus facile de former et de contrôler le personnel attaché à l'établissement. Par exemple, un gareur connaît et respecte généralement mieux les procédures en vigueur qu'un camionneur externe qui risque d'être beaucoup moins familier avec le déroulement des opérations aux quais. Le niveau de sécurité s'en trouve donc affecté. De plus, une relation de confiance s'établie généralement entre les caristes et le gareur. Le départ inopiné est donc influencé par cette variable. De la même façon, l'efficacité de certaines mesures se trouvent affectée si leurs mises en application demandent une action des camionneurs ou d'un gareur. Par exemple, des camionneurs familiers avec l'établissement vont probablement mieux connaître les mesures en place que les camionneurs externes de sorte qu'ils risquent moins de les oublier ou de les utiliser incorrectement.

23 Question 23 : Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque

Si un camionneur repart toujours avec la même semi-remorque le risque de se tromper de semi-remorque diminue (ou devient carrément nul). Dans le cas contraire les procédures devront être conçues et appliquées en conséquence. Ce paramètre a également un impact sur la procédure de retenue des clefs (il est impossible de retenir les clefs d'un tracteur qui change de semi-remorque) ainsi que la procédure du tracteur attelé.

24 Question 24 : Gestion des camionneurs durant le transbordement

Le départ inopiné implique toujours une erreur humaine et souvent le camionneur est en cause. Le contrôle exercé sur les camionneurs durant le transbordement a donc un impact considérable sur la sécurité. Il a été constaté pendant l'étude que les établissements ayant le plus de succès dans ce domaine font généralement un bon encadrement des camionneurs externes. Souvent ils disposent d'un endroit spécifique où ils peuvent attendre leur signal de départ. Si l'on ajoute à un contrôle des clefs cette solution enraye presque totalement le risque de départ inopiné[4]. Il a également été constaté durant les visites que les établissements ayant beaucoup de succès au niveau du contrôle du camionneur s'assuraient que le cariste gardait un contrôle visuel avec le camionneur (ne chargeant ou déchargeant pas s'il n'apercevait pas le camionneur).

25 Question 25 : Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître

Le répartiteur, coordonnateur ou planificateur peut améliorer grandement la sécurité en organisant les opérations au quai, en contrôlant les communications, en gérant les transbordements etc.. Il peut toutefois affecter négativement la sécurité s'il ne fait pas son travail correctement, s'il n'applique pas les règlements à la lettre ou ne les fait pas appliquer. Dans ce dernier cas, il peut être source de confusion résultant en des erreurs de communications pouvant engendrer des accidents. Les deux situations ont été rencontrées pendant les différentes visites de l'équipe de recherche.

26 Question 26 : Autorisation de départ différée

Les autorisations de départ différées sont sources de problèmes bien qu'ils permettent de sauver du temps. Une erreur dans l'évaluation des délais peut se transformer en départ inopiné. Soit le camionneur / gareur arrive plus tôt que prévu soit le transbordement prend plus de temps que prévu. Lorsque le départ différé est donné avant de retirer le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement et que le cariste est retardé pour aller retirer le dispositif alors il y a de bonnes chances que celui-ci soit mis à l'épreuve. Une telle situation a été rencontrée lors des visites.

27 Question 27 : Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai

Les caristes d'expérience qui ont eu une bonne formation peuvent reconnaître plus facilement les situations inhabituelles (souvent causes d'accidents) et agir en conséquence. Par exemple, si une semi-remorque de type non usuel se présente au quai et que les moyens de retenu habituels ne s'appliquent pas, un cariste d'expérience saura identifier cette situation et poser les gestes appropriés. Les caristes avec une bonne formation savent également comment opérer les différents systèmes de retenue et connaissent la signification des états des systèmes de signalisation. Ils savent comment réagir à ces informations.

La formation donnée par compagnonnage conduit à une cote de 3 parce que nous posons l'hypothèse qu'un cariste ainsi formé saura comment utiliser les différents systèmes de retenue et sera informé des différentes procédures en vigueur dans l'établissement. Cependant il est

[4] La seule exception au départ inopiné dans ces conditions se produit si le camionneur quitte le quai avec la mauvaise semi-remorque.

possible que certaines situations peu courantes (par exemple l'arrivée d'une semi-remorque très courte) n'aient pas lieu pendant la période de formation, laissant le nouveau cariste dans une situation où il pourrait ne pas repérer le danger. C'est pourquoi la cote est de 3 et non de 4. Seule une formation couvrant toutes les situations possibles aux quais peut permettre au cariste de repérer et de neutraliser tous les dangers.

Seule l'expérience comme cariste **aux quais de transbordement** doit être pris en compte dans cette question, une expérience acquise sur les chariots-élévateurs (sans transbordement) est de peu d'utilité pour identifier et réduire le type de risque qui nous intéresse ici.

La formation des caristes influence également le départ inopiné puisqu'un cariste moins bien formé aura plus de difficulté à reconnaître les dangers. Ce constat s'applique aussi au glissement et au basculement.

Le niveau de formation a des impacts différents sur l'efficacité des mesures de retenues. L'utilisation des dispositifs de retenus de la barre anti-encastrement et des dispositifs de retenues automatiques des roues demande une certaine formation. Cette variable influence également l'efficacité des cales et des chandelles, tous deux requérant une opération du cariste, soit pour vérifier leur positionnement et s'assurer que le dispositif est bien mis en place. L'efficacité de la signalisation ainsi que l'alarme sonore est également légèrement affectée par la formation et l'expérience du cariste, celui-ci se devant de connaître la signification du code de couleur des lumières et la procédure à appliquer si l'alarme sonore se déclenche. La formation a un impact plus important quant à l'efficacité des mesures procédurales impliquant le cariste. En effet, les procédures de relation poids chariot-longueur semi-remorque, de communication avec le gareur ou les camionneurs ainsi que la procédure de retenue des clefs, nécessite une bonne connaissance de la part du cariste pour qu'elles soient appliquer efficacement.

28 Question 28 : Qualité des règles et procédures pour les activités au quai

Tel que déjà mentionné, les procédures ont un impact majeur sur le fonctionnement sécuritaire au quai de transbordement. Si les activités autours du quai ne sont pas orchestrées de manière adéquate, il est probable que certaines mesures de retenues soient rendues complètement inutiles; un crochet de retenue non positionné au début, ou enlevé avant la fin réelle du transbordement peut considérablement augmenter le risque. Il est important de revoir fréquemment les procédures afin de les améliorer en fonction des nouvelles conditions de l'établissement et des nouveaux acteurs et d'y incorporer les nouveaux éléments permettant d'éviter les accidents et incidents existants ou potentiels. Certains établissements visités ont développé des procédures écrites couvrant toutes les situations possibles aux quais. Cependant ces procédures n'étaient pas connues de toutes les personnes concernées, ceux-ci fonctionnant selon la méthode qu'ils jugeaient la meilleure. Ces cas peuvent causer des problèmes, surtout s'il y a une grande disparité entre la façon de travailler des caristes et les procédures officielles.

Il faut donc évaluer les procédures en place. Par exemple : Est-ce que toutes les situations sont couvertes? Une procédure qui couvre tous les cas d'exceptions peut être qualifiée de bonne qualité. Il faut également questionner les modalités de diffusion des procédures : est-ce que les caristes ou autres personnes peuvent avoir accès aux procédures facilement s'ils en ont besoin?

29 Question 29 : Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai

Avoir les bonnes procédures pour le transbordement est une chose, mais les faire appliquer en est une autre. Il est parfois facile pour les personnes concernées de contourner les procédures en vigueur pour de multiples raisons (froid, manque de temps, croire que la procédure n'apporte rien d'utile etc.). Il a été mentionné à quelques reprises dans certains établissements que les caristes respectent rigoureusement les règles de sécurité pendant le quart de jour, mais que la situation était différente sur le quart de nuit alors que le superviseur n'était pas présent. Il est donc nécessaire de se doter de moyens pour faire respecter les procédures. Certaines mesures de retenue sont dévaluées dans l'outil si les règles ne sont pas respectées, principalement les procédures où les caristes ont un rôle important à jouer.

30 Question 30 : Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai

Les camionneurs ont souvent un rôle important dans la sécurité des quais de transbordement. On prend souvent pour acquis que ces derniers vont s'acquitter de certaines tâches ayant un impact important sur la sécurité du cariste sans pour autant vérifier qu'ils les connaissent ou qu'ils les font véritablement. Par exemple, l'enquête postale a révélé que les camionneurs sont souvent blâmés lorsque les cales manuelles ne sont pas positionnées. Les gens extérieur à l'établissement ont donc besoin de respecter certaines règles et procédures pour que le transbordement se fasse de façon sécuritaire. Le non-respect de ces règles peut se traduire par un départ inopiné par exemple. De la même façon l'utilisation sécuritaire de certaines mesures de retenues requièrent une participation ou du moins une coopération du camionneur. Si celui-ci ne respecte pas les procédures alors la mesure s'en trouve grandement affectée.

ÉTUDES ET RECHERCHES

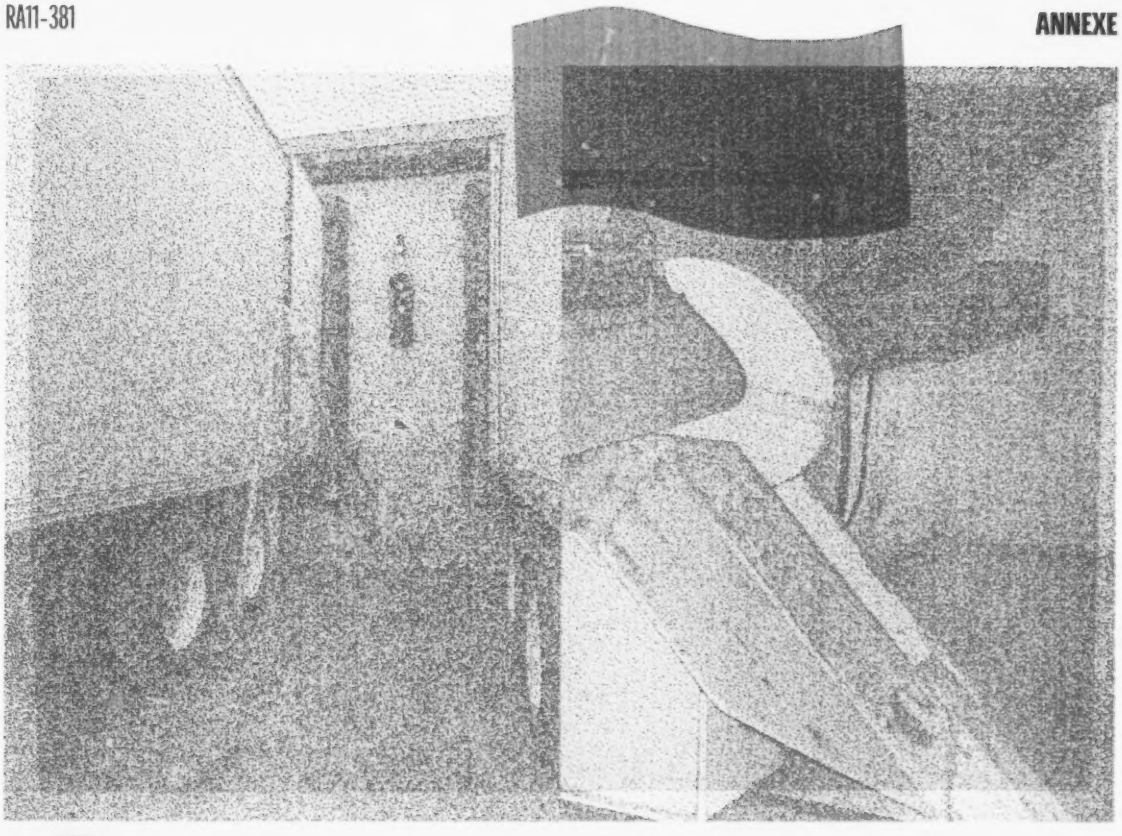
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Description détaillée de la grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA11-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Description détaillée de la grille d'évaluation de la sécurité et des mesures de retenue

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2], Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE K

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

TABLE DES MATIÈRES

1 DÉTAILS DES QUESTIONS INFLUENÇANT LE RISQUE ET DES COTES D'IMPACT DES DISPOSITIFS 2

1.1 Explications des facteurs influençant le risque 2
1.1.1 Risque de départ inopiné 2
1.1.2 Risque de glissement 4
1.1.3 Risque de basculement 6

1.2 Explication de l'impact sur la performance des mesures de retenue 8
1.2.1 Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement 8
1.2.2 Dispositif de retenue automatique des roues des roues 10
1.2.3 Cales manuelles 11
1.2.4 Cales à détection de positionnement et plaque de retenue 12
1.2.5 Procédure de présence du tracteur attelé 13
1.2.6 Chandelles sous la semi-remorque 14
1.2.7 Signalisation visuelle 15
1.2.8 Alarme sonore 16
1.2.9 Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque 17
1.2.10 Procédure de communication 18
1.2.11 Procédure de retenue des clefs 19

1.3 Améliorations maximales possibles 21
1.3.1 Explications des niveaux de cotes 21
1.3.2 Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement 22
1.3.3 Dispositif de retenue automatique des roues 22
1.3.4 Cales manuelles 23
1.3.5 Cales à détection de positionnement et plaque de retenue 23
1.3.6 Procédure du tracteur attelé 23
1.3.7 Chandelles sous la semi-remorque 24
1.3.8 Signalisation visuelle 24
1.3.9 Alarme sonore 24
1.3.10 Procédure de retenue des clefs 24
1.3.11 Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque 25
1.3.12 Procédure de communication 25

1 DÉTAILS DES QUESTIONS INFLUENÇANT LE RISQUE ET LES COTES D'IMPACT DES DISPOSITIFS

Cette annexe approfondie les raisons qui ont mené au choix des questions que l'équipe de recherche a retenu pour évaluer le niveau de sécurité des trois événements dangereux : départ inopiné, glissement et basculement. Ces trois événements dangereux seront mis en relation avec les questions et le lien entre la question et son impact sur le niveau de sécurité sera décris plus en détails. Certaines questions n'ayant pas été retenues comme ayant un impact seront également traitées et les raisons de ce choix seront présentées.

Finalement, les questions portant sur les cotes de dévaluation des mesures de retenue seront présentées.

La présentation de ces explications devrait permettre à l'utilisateur de mieux saisir le raisonnement qui a amené l'équipe de recherche à chercher à détailler tel ou tel aspect du milieu de travail.

1.1 Explications des facteurs influençant les événements dangereux de départ inopiné, de glissement et de basculement

1.1.1 Événement dangereux de départ inopiné

Treize des 30 questions influencent le départ inopiné, la plupart étant reliées à un facteur humain ou procédural.

Question	Explications
6 Nombre de portes sur ce quai	Cette question est un indicateur de la circulation aux quais. Le nombre de porte influence le nombre de camions susceptibles d'être aux quais et le nombre de personnes présentes aux quais en incluant les caristes et leurs chariots. Plus il y a de gens, plus les risques d'erreurs sont élevés.
7 Numérotation des portes	Si les portes sont mal identifiées les camionneurs auront plus de difficultés à repérer la semi-remorque qu'ils doivent prendre. Ils auront également plus de difficultés à repérer la porte de quai où ils doivent reculer la semi-remorque. Dans ce dernier cas un repositionnement du camion pourrait être à la source d'un départ inopiné.
18 Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée	Par cette question, on cherche à évaluer la confusion qu'il pourrait y avoir au quai. Plus il y a de camions, plus il y a de chances d'erreur. Il est en effet plus difficile de coordonner un grand nombre de camions que d'en coordonner un seul à la fois.
19 Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)	Cette question suppose que de travailler en co-activité rends les communications plus complexe à gérer, plus d'un cariste doivent être informés et tous ceux participant au transbordement d'un camion doivent être rejoint avant de donner le signal du départ; toutes ces opérations augmentent les probabilités d'erreur.

22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	C'est en quelque sorte la familiarité des camionneurs avec les procédures en vigueur à l'établissement qui est évaluée. Des camionneurs (ou des gareurs) familiers avec les procédures risquent moins d'être la source d'erreurs alors que des camionneurs non familiers peuvent «improviser» des procédures et ainsi causer un départ inopiné.
23 Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque	Tel que rapporté dans l'arbre des fautes, l'erreur d'identification de la semi-remorque est une cause de départ inopiné. Cette situation risque de se produire lorsque les camionneurs échangent leur semi-remorque. Il est moins probable qu'un camionneur se trompe de semi-remorque quand il n'a que la sienne à déplacer.
24[1] Gestion des camionneurs durant le transbordement	Si le camionneur est laissé sans supervision lors des activités de transbordement, les probabilités d'erreur de sa part sont plus élevées. Il pourrait être sous l'impression que le transbordement est terminé et prendre l'initiative de reprendre la semi-remorque et quitter le quai. Si le camionneur est sous supervision ce risque est moindre. Certains caristes arrêtent le transbordement si le camionneur n'est plus sous supervision. Cette situation a déjà évité un incident dans un établissement visité par l'équipe de recherche.
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	Cette question porte sur le rôle du répartiteur / coordonnateur / planificateur dans l'organisation des activités au quai de chargement. Si son mandat est flou et que ses responsabilités peuvent être déléguées facilement alors la confusion qui s'ensuit peut être la source d'erreur à l'origine d'un départ inopiné.
26 Autorisation de départ différée	Un départ différé est obtenu lorsque le camionneur obtient l'autorisation et la consigne de quitter à un moment ultérieur alors que les activités de transbordement ne sont pas encore terminées. Ces situations ont été évaluées comme une source potentielle d'erreur. Si le moment du départ prévu doit être modifié ou s'il n'est pas précis (par exemple : après dîner, cet après-midi etc.) il est possible que le départ du camion se réalise avant que le transbordement ne soit réellement terminé.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	La formation et l'expérience des caristes peuvent être utiles pour prévenir un départ inopiné. Un cariste ayant une bonne formation devrait être en mesure de travailler sécuritairement dans toutes les situations. Un cariste expérimenté pourra reconnaître plus facilement les situations à risque de départ inopiné et ainsi les éviter.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	Une bonne procédure bien définie devrait décrire les opérations nécessaires au transbordement et couvrir les situations exceptionnelles pouvant survenir. La qualité des règles et procédures aura un impact certain sur les probabilités de départs inopinés. Si les procédures sont mal définies et ne couvrent pas toutes les situations il devient plus probable d'avoir un départ inopiné que si les procédures décrivent parfaitement les opérations et prévoient toutes les exceptions pouvant contourner la procédure habituelle.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	Les questions 29 et 30 cherchent à déterminer si les procédures sont vraiment appliquées. La qualité des procédures n'a aucune influence si les employés ou les camionneurs n'appliquent pas les règles qui y sont présentées. Une évaluation du respect des procédures utilisées à l'établissement peut être utile pour répondre à cette question.

[1] Notice de la question 24 du questionnaire : la cote choisie doit être supérieure ou égale à la cote de la question 22 (responsabilité du positionnement et du retrait des camions) peut importe le contexte.

30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	Voir la question 29

La question 13 : «Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement» qui sera présentée à la section suivante peut paraître controversée. On pourrait poser comme hypothèse que si les tracteurs sont attelés en permanence à la semi-remorque alors le risque de départ inopiné serait plus grand. On doit alors tenir compte du fait que le camionneur doit tout de même recevoir un signal avant de quitter et l'efficacité de ce signal est traité dans les autres questions.

On doit noter qu'il existe une faible augmentation du risque que le camionneur prenne une mauvaise décision, mais cette augmentation est compensée par le fait que le camionneur ne peut se tromper de semi-remorque (le couple camion / semi-remorque ne change pas) tel que la question 23 le pose. Par exemple, une cote de «0» à la question 13 augmenterait le risque d'un départ inopiné dû à une mauvaise décision du camionneur mais diminue le risque que celui-ci quitte avec la mauvaise semi-remorque, le résultat est donc équivalent et le résultat final ne change pas quelle que soit la cote.

1.1.2 Risque de glissement

Treize questions régissent le niveau de sécurité face au glissement. Elles traitent principalement des paramètres physiques reliés aux forces en jeu lors d'un glissement. Cinq événements doivent en réalité être évalués ici, soit le glissement pur, le rampage de la semi-remorque (suspension à air), l'avancement de la semi-remorque (semi-remorque sans freins), ainsi que la composante glissement de l'affaissement des béquilles et du basculement latéral.

Tel que l'ont démontré les calculs de simulation sur le glissement (voir la section 3.3.2 du rapport final ou l'annexe F), l'impact du coefficient de friction entre le sol et la semi-remorque est le paramètre qui est le plus important dans le glissement, c'est pourquoi plus d'une question y font référence.

Question	Explications
1 Nature de la chaussée	La question 1 a un impact évident sur le glissement, une chaussée en asphalte offre beaucoup plus de résistance au glissement qu'une chaussée en terre battue.
2 État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	La question 2 cherche à déterminer l'état de la chaussée sous les roues arrière de la semi-remorque. Si de la glace peut s'y retrouver, il est évident que la semi-remorque glissera plus facilement que si la chaussée est toujours sèche et exempte de débris.
3 État de la cour en hiver (déneigement)	La question amplifie ou atténue un peu la question précédente. Si le déneigement/déglaçage est très efficace alors la l'impact de la question 2 est réduit.
4 Inclinaison de la cour	Comme expliqué dans la modélisation sur le glissement, l'inclinaison de la cour a un impact non négligeable, la question entre donc en compte pour le niveau de sécurité vis-à-vis le glissement.

11 Longueur des semi-remorques	La longueur de la semi-remorque, a une très légère influence sur le glissement pur, mais la longueur affecte principalement le risque de rampage de la semi-remorque (sur des modèles ayant des suspensions à air), suffisamment pour être considéré comme étant une question influençant le l'événement dangereux de glissement.
12 Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement	La question a une influence marquée sur le rampage de la semi-remorque et a un degré moindre sur le glissement pur. En fait le rampage n'est possible que si la suspension à air est gonflée pendant le transbordement. Voir la section 3.3.7 du rapport final sur la modélisation des suspensions à air pour tous les détails.
13 Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement	La présence du tracteur attelé à la semi-remorque lors du transbordement diminuera de façon importante les possibilités de glissement. Plus le nombre de tracteurs attelés est grand, moins les risques de glissement sont élevés. I.e. Un établissement laissant 90% de ses semi-remorques attelées verra moins de glissements qu'un établissement identique qui dételle toute ses semi-remorques.
14 Différence de hauteur entre le quai et le camion	La question évalue la possibilité du «*ski slope*[2]». Lorsqu'un chariot descend brusquement en s'engageant dans la semi-remorque son énergie potentielle est transformée en énergie cinétique., Cette énergie peut s'additionner à la force de freinage du chariot ce qui augmente les risques de glissement.
15 Longueur d'appui de la lèvre du pont niveleur	Le glissement de la semi-remorque aura comme conséquence de faire tomber la lèvre du pont niveleur. Si la lèvre est assez longue et entre à l'intérieur du camion sur une bonne distance alors un glissement de quelques centimètres pourras se produire sans qu'il n'y ait d'accident. Par contre, si la lèvre n'est appuyée dans la semi-remorque que sur une très courte distance, un faible glissement sera suffisant pour la faire tomber et augmenter la possibilité d'occurrence d'un accident.
16 Masse combinée du chariot et de la charge transportée	Les questions 16 et 17 ont été discutés longuement dans la modélisation (annexe F) sur le glissement. Ces deux paramètres (masse et vitesse du chariot) sont à l'origine de la force qui peut faire glisser la semi-remorque. Les deux influencent le risque de façon similaire, plus ils augmentent, plus le risque augmente.
17 Vitesse de circulation des chariots a l'entrée ou la sortie des camions	Voir question 16
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	La question fait entre autre référence à la formation du cariste qui serait capable de reconnaître les situations dangereuses, ainsi qu'à son expérience à détecter de faibles glissements. Un cariste avec peu d'expérience pourrait se trouver dans une situation où, suite à un glissement non-détecté, son chariot pourrait rester coincé dans l'ouverture créée par la chute de la lèvre du pont niveleur.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	Les caristes se doivent de respecter les procédures relevant du glissement. S'ils ignorent les consignes de sécurité il est possible que les probabilités d'occurrence d'événements dangereux soient plus élevées.

[2] Le «*ski slope*» désigne la force retransmise à la semi-remorque par le chariot lorsque ce dernier descend brusquement dans la semi-remorque. C'est en quelque sorte une énergie potentielle (verticale) qui se transforme en énergie cinétique (horizontale, qui fait glisser...).

Bien que l'efficacité des freins semble être un facteur important dans l'évaluation des possibilités de glissement, il a été déterminé par calcul que les forces de glissement ne représentent qu'une faible fraction des forces de retenu appliquées par les freins. Même dans l'éventualité où le fonctionnement des freins n'est pas optimal, il a été déterminé que ceux-ci empêcheront le glissement. Les essais préliminaires sur les cales on aussi démontré que si les freins étaient complètement désactivés, la semi-remorque peut rester en place grâce aux seules forces de friction des béquilles contre le sol.

1.1.3 Risque de basculement

Le risque de basculement est abordé par l'entremise de 8 questions. Il s'agit de déterminer quelles sont les conditions qui pourraient mener à un basculement de la semi-remorque lorsqu'un chariot élévateur s'y s'engage. Le basculement se produira lorsque le poids ou les forces appliquées vers l'avant de la semi-remorque seront suffisants pour provoquer un basculement de la semi-remorque sur le point de pivot des béquilles.

Question	Explications
4 Inclinaison de la cour	Les possibilités de basculement sont plus élevées lorsque la cour est inclinée vers l'extérieur, les centres de masse étant légèrement déplacés, (celui de la semi-remorque se retrouve plus près du point de pivot des béquilles alors que celui du chariot au fond de la semi-remorque s'en éloigne)
10 État général des semi-remorques	La question évalue la possibilité d'un affaissement des béquilles ou d'un basculement latéral suite à un début de basculement. Si la semi-remorque est en mauvais état les béquilles le seront probablement aussi, la probabilité que ces types d'événements se produisent sont plus élevés.
11 Longueur des semi-remorques	Mis à part la présence des tracteurs, la longueur de la semi-remorque est le paramètre le plus important dans la situation du basculement tel que l'ont démontré les calculs de modélisation. Une semi-remorque de 32 pieds basculera fort probablement dans la majorité des situations. À l'inverse, il est pratiquement impossible de faire basculer une semi-remorque de 53 pieds.
13 Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement	La question 13 fait partie d'une des trois règles sur le basculement. Si le tracteur est attelé à la semi-remorque le risque de basculement est nul. Si la cote attribuée à cette question est de 4 (toutes les semi-remorques sont attelées au tracteur) alors la cote finale sera de 4. Cependant si ce n'est pas le cas, la question devient un équivalent de la fréquence d'exposition au risque de basculement, ce qui modifie bien évidemment le niveau de sécurité global.
16 Masse combinée du chariot et de la charge transportée	Rappelons que plus la masse est lourde, plus le basculement est probable. Ce facteur est en lien direct avec les probabilités de basculement.
17 Vitesse de circulation des chariots a l'entrée ou la sortie des camions	Quant à la vitesse, elle est une indication de la force de freinage du chariot. C'est cette dernière qui s'ajoute aux autres forces présentes lors du basculement (voir la description de la section 3.3.2 du rapport final).
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	Les caristes bien formés et avec une bonne expérience sauront repérer les semi-remorques pouvant causer problèmes (relation longueur de la semi-remorque et poids du chariot) et sauront comment ajuster leurs comportements.

29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	Les caristes se doivent de respecter les procédures relevant du basculement. S'ils ignorent toutes consignes de sécurité alors il est effectivement possible que leurs comportements soient plus risqués.

Toutes ces questions sont évaluées sur un même pied d'égalité. Cependant, comme mentionné dans la modélisation, certaines ont une influence plus marquées que les autres dans certaines circonstances.

C'est pourquoi trois règles ont été définies pour modifier le niveau de sécurité. Les règles sont numérotées 0, 1 et 3 (la règle 2 a été supprimée lors de la validation de l'outil). Ces règles ont été établies selon les données issues de la modélisation, les commentaires recueillies lors des visites d'usines, les réponses obtenues suite à la publication de questionnaire postal et finalement aux informations recueillies lors des visites de validation.

- Règle #0 : si présence tracteur = 4 alors basculement = 4
  Si le tracteur est toujours présent (question #13) alors le risque de basculement est complètement éliminé et la cote devient 4. Selon le barème établi par l'équipe de recherche, la cote de 4 signifie qu'aucune modification n'est nécessaire.
- Règle #1 : si longueur semi-remorque = 4 alors basculement = 4
  Comme démontré dans la modélisation, une semi-remorque de 53 pieds ne peut pas basculer (sauf cas extrêmement difficiles, voire impossible à obtenir réellement).
- Règle #3 : si longueur = 3 et poids chariot =4 alors cote basculement = 4
  Si le poids du chariot est très faible, les probabilités de basculement d'une semi-remorque sont très faibles, voire nulle, sauf si elle est très courte. Dans la règle, une longueur de semi-remorque de cote 3 est donc exigée afin d'obtenir une situation sécuritaire.

1.2 Explication de l'impact sur la performance des mesures de retenue

Les mesures de retenue sont tributaires de l'environnement dans lequel elles sont utilisées. Les questions servant à déterminer les caractéristiques de l'environnement seront donc utilisées afin de déterminer sir la mesure de retenue parvient à être pleinement efficace ou bien, si certains facteurs peuvent en diminuer leur efficacité. Chaque mesure est donc mise en relation avec les questions. Si un lien est établi entre la question et la mesure alors une cote d'impact est attribuée à cette question. Il y a quatre cotes d'impact, A, B, C et E. Le tableau suivant définit leur influence sur les questions, la règle A est la moins sévère alors que la règle C est la plus punitive; quant à la règle E, elle est utilisée dans un cas bien particulier où une cote de 0 est préférable à une cote de 4.

Tableau 1

Rappel de l'influence des impacts

Cote -->	0	1	2	3	4	
Règle **A**	-20%	-10%	0%	0%	0%	Faible impact
Règle **B**	-40%	-20%	-10%	0%	0%	Impact modéré
Règle **C**	-80%	-40%	-20%	0%	0%	Impact majeur
Règle **E**	0%	0%	-10%	-20%	-40%	Impact modéré inverse

1.2.1 Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement

Question	Impact (règle)	Explication
2 État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	A	L'état de la chaussée en soi n'influence pas l'efficacité du dispositif. Cependant si de la neige et des débris se retrouvent sur la chaussée ils se retrouvent généralement aussi sur le dispositif. Certains modèles sont sensible à cette accumulation et peuvent rester coincés si une quantité importante de neige ou de débris s'incruste dans leurs mécanismes. De plus si une quantité importante de neige s'accumule sous les roues de la semi-remorque, la barre peut alors se retrouver trop haute pour que le dispositif de retenue puisse se positionner correctement. Dans certains cas la neige peut empêcher certains modèles de se déployer correctement (la neige bloque la sortie du dispositif). La cote de A est décernée car une grande quantité de neige, de glace ou de débris sont nécessaires pour créer ces effets et il est relativement aisé de remarquer que le dispositif est coincé pour ensuite le nettoyer.
9 Présence de barres anti-encastrements (barres ICC)	C	La question 9 est critique avec une cote d'impact de C. Si effectivement les camions se présentant aux quais ne sont pas équipés de barre anti-encastrement alors la mesure est complètement inutile.

10 État général des semi-remorques	B	La question évalue l'état des semi-remorques, mais indirectement l'état des barres anti-encastrement. Si toutes les barres sont en mauvais état, elles ne peuvent pas supporter une grande charge et risquent ainsi de se briser au lieu de retenir le camion, ce qui réduit leur efficacité. Une cote d'impact de B a été attribuée à cette situation. Pour plus de détails se référer à l'étude sur la résistance des barres anti-encastrement à la section 3.3.4 du rapport final.
24 Gestion des camionneurs durant le transbordement	A	Si le camionneur n'est pas sous surveillance constante, il y a une faible probabilité qu'il puisse décider de désengager lui-même le dispositif (ce qui est la procédure officielle à certains endroits). Puisque cette situation est peu probable et ne se produirait de toute façon que dans des cas où les camionneurs sont vraiment laissés seuls, la cote de A est la mieux adaptée.
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	A	Le coordonnateur – planificateur – contremaître pourrait ordonner le désengagement du dispositif au mauvais moment, permettre de transborder en mode passer-outre (*override*) continuellement ou tout simplement négliger l'entretient et la maintenance des dispositifs. Une cote de A a été choisie de par la faible probabilité que ces événements se produisent.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Une formation doit être dispensée aux caristes afin qu'ils soient en mesure d'utiliser le dispositif correctement et qu'ils sachent quoi faire en cas de non-compatibilité du dispositif avec le camion ou de dysfonctionnement.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	A	Certains dispositifs doivent être utilisés différemment selon les circonstances (pas de barres anti-encastrement, *end loading*, etc.). Sans procédures pour ces occasions le dispositif peut être utilisé incorrectement.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	A	Certains employés peuvent décider de ne pas utiliser le dispositif si les règles ne sont pas appliquées. Puisque le positionnement du dispositif est assez simple une cote de A seulement a été retenue.

1.2.2 Dispositif de retenue automatique des roues des roues

Ces dispositifs n'ont pas été recensés au Québec, cependant grâce aux publicités et autres informations recueillies, l'équipe de recherche a pu quand même dresser un portrait des avantages et inconvénients de ces dispositifs.

Question	Impact (règle)	Explication
2 État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	C	Puisque ces dispositifs sont positionnés dans le sol, il apparaît très clair que si de la neige, glace et débris peuvent s'y accumuler les mécanismes de positionnement du dispositif seront affectés. Particulièrement, l'eau qui peut s'infiltrer dans le dispositif et geler à l'intérieur si la température le permet. Certains fabricants de ce type de dispositif clament posséder un modèle capable de palier à ce problème, mais aucune preuve tangible de ces affirmations n'a pu être relevée par l'équipe de recherche.
24 Gestion des camionneurs durant le transbordement	A	Si le camionneur n'est pas sous surveillance constante, il y a une faible probabilité qu'il puisse décider de désengager lui-même le dispositif (ce qui est la procédure officielle à certains endroits). Puisque cette situation est peu probable et ne se produirait de toute façon que dans des cas où les camionneurs sont vraiment laissés seuls, la cote de A semble être la mieux adaptée.
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	A	Le coordonnateur – planificateur – contremaître pourrait ordonner le désengagement du dispositif au mauvais moment, permettre de transborder en mode passer-outre (*override*) continuellement ou tout simplement négliger l'entretient et la maintenance des dispositifs. Une cote de A a été choisie de par la faible probabilité que ces événements se produisent.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Une formation doit être dispensée aux caristes afin qu'ils soient en mesure d'utiliser le dispositif correctement et qu'ils sachent quoi faire en cas de non-compatibilité du dispositif avec le camion ou de dysfonctionnement.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	A	Ces dispositifs doivent être utilisés à chaque transbordement et sont conçus pour s'accommoder de tous les types de camions. Si la procédure ne le spécifie pas ou ne dit pas comment le faire, il est possible que le système ne soit pas mis en place.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	A	Certains employés peuvent décider de ne pas utiliser le dispositif si les règles ne sont pas appliquées. Puisque le positionnement du dispositif est assez simple une cote de A seulement a été retenue.

1.2.3 Cales manuelles

Comme toutes les autres mesures de retenue, les cales manuelles peuvent perdre en efficacité. Elles peuvent premièrement ne pas être installées, et leur capacité à retenir le camion peut, pour certaines raisons, être réduite.

Question	Impact (règle)	Explication
1 Nature de la chaussée	A	La nature de la chaussée influence un peu l'efficacité de la cale, un sol en terre battue ou de très mauvaise qualité offrira moins d'emprise à la cale, donc une force de traction moindre.
2 État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	B	L'état de la chaussée aura un impact important sur la traction de la cale. La présence de neige, de sable et de débris empêchera la cale d'avoir une emprise forte sur le sol. Dans le pire des cas, les essais préliminaires sur les cales ont démontré que sur un sol glacé les cales étaient très peu utiles, elles glissaient et ne retenaient pas du tout.
3 État de la cour en hiver (déneigement)	B	Les réponses du questionnaire postal montrent que si la cour est très enneigée, l'accès à l'arrière du camion sera plus difficile, encourageant le camionneur à négliger de s'y rendre pour y placer la cale. De plus, si les cales sont entreposées par terre et qu'elles sont complètement recouvertes de neige, il est possible, que l'opérateur soit obligé de creuser pour la trouver et la dégager. Cette situation pourrait avoir un effet démobilisant important en incitant le camionneur à ne plus utiliser les cales en période hivernale.
4 Inclinaison de la cour	A	Une pente vers l'extérieur de la cour peut avoir comme conséquence de faire avancer le camion lors du transbordement. La cale se trouve coincée et est alors très difficile à dégager. Pour parer à cette éventualité, la cale est quelques fois installées à une certaine distance de la roue ce qui réduit son efficacité. (À cause de la cote de A, seul une pente vers l'extérieur fera perdre des points)
5 Espacement entre deux camions stationnées au quai (portes)	C	La question 5 est critique, c'est pourquoi elle est associée à un impact de C. Si l'espace entre deux camions est insuffisant pour qu'un camionneur puisse passer, il ne pourra aller y placer une cale.
8 Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieur	A	Une longue distance entre la porte d'accès et le quai le plus éloigné peut poser des problèmes pour vérifier le positionnement et/ou parler avec le camionneur. Cette distance aura un effet dissuasif dans plusieurs situations par exemple dans le cas d'un oubli de positionnement des cales.
12 Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement	A	Une suspension à air non neutralisée peut amener la roue à « grimper » un peu sur la cale et la coincer lors des activités de transbordement. Pour parer à cette éventualité, la cale est quelques fois installées à une certaine distance de la roue ce qui réduit sont efficacité.
21 Temps disponible pour les caristes	A	En théorie, selon la bonne procédure, les caristes doivent vérifier si les cales sont bien placées et les repositionner si besoin est; s'ils n'ont pas le temps nécessaire pour faire cette opération le transbordement peut avoir lieu sans même que la cale ne soit placée.

22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	B	Un gareur devrait normalement connaître la procédure et l'utilisation des cales. Un camionneur externe peut ne pas connaître la procédure et ainsi ne pas installer la cale ou encore la déplacer de son endroit habituel ce qui la rendrait indisponible pour le prochain camionneur.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Le cariste doit s'assurer que la cale est bien placée et savoir quoi faire si elle est mal ou pas placée. La formation offerte au cariste devrait donner ces indications. Un cariste expérimenté devrait connaître ces notions et les mettre en application.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	A	Les règles et les procédures devraient indiquer comment les cales doivent être placées, par qui, comment vérifier etc. Bien que ces notions soit simples à établir, l'absence de règles et de procédures peut nuire à la mesure.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	C	Le respect des règles par les camionneurs est primordial, c'est pour cela qu'elle est associée à une cote d'impact de C. Les camionneurs sont généralement ceux qui ont la responsabilité de positionner les cales, s'ils n'obéissent à aucunes règles alors les cales ne seront pas placées.

1.2.4 Cales à détection de positionnement et plaque de retenue

Ces dispositifs sont très similaires aux cales manuelles. La principale distinction provient de l'utilisation d'une plaque de retenue qui, associée à une cale spécialement conçue pour s'y accrocher, empêche celle-ci de glisser. Un système de signalisation (détection de la position de la cale) fait aussi partie intégrante de ce système.

Question	Impact (règle)	Explication
1 Nature de la chaussée	A	Seules les chaussées asphaltées ou bétonnées pourront être utilisées pour l'installation de la plaque de retenue.
2 État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	B	Si la plaque de retenue est recouverte de neige, elle n'a plus l'efficacité qu'elle devrait normalement avoir, les dents de la cale ne pouvant plus s'y accrocher.
3 État de la cour en hiver (déneigement)	B	Une cour très enneigée, restreindra l'accès à l'arrière du camion rendant l'installation de la cale plus difficile.
4 Inclinaison de la cour	A	Une pente vers l'extérieur de la cour peut avoir comme conséquence de faire avancer le camion lors du transbordement. La cale se trouve coincée et est alors très difficile à dégager. Pour parer à cette éventualité, la cale est quelques fois installées à une certaine distance de la roue ce qui réduit son efficacité (inertie du mouvement). (À cause de la cote de A, seul une pente vers l'extérieur fera perdre des points)

5 Espacement entre deux camions stationnées au quai (portes)	C	Si l'espace entre deux camions est insuffisant pour qu'un camionneur s'y glisse, il ne pourra aller y placer une cale.
8 Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieur	A	Une longue distance entre la porte d'accès et le quai le plus éloigné peut poser des problèmes pour vérifier le positionnement et/ou parler avec le camionneur. Cette distance aura un effet dissuasif dans plusieurs situations par exemple dans le cas d'un oubli de positionnement de la cale.
12 Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement	A	Une suspension à air non neutralisée peut amener la roue à « grimper » un peu sur la cale et la coincer lors des activités de transbordement. Pour parer à cette éventualité, la cale est quelques fois installées à une certaine distance de la roue ce qui réduit son efficacité.
22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	A	La cote de cette question est ramenée à la valeur A comparativement à B dans le cas des cales manuelles. La plaque de retenue est un bon indicateur d'où et comment les camionneurs doivent placer la cale. Les camionneurs moins familiers remarqueront ce type de cale plus facilement que les cales manuelles grâce entre autres à la signalisation.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	A	La question 30 influence l'efficacité mais avec une cote d'impact de A plutôt que le C des cales manuelles. La signalisation rattachée au dispositif est en effet un bon incitatif pour que les camionneurs placent les cales, surtout s'ils sont prévenus que le transbordement ne débutera pas tant que la signalisation ne sera pas au vert.

Contrairement aux cales manuelles ordinaires le temps disponible par les caristes (question 21) n'influence plus l'efficacité de la mesure, la détection de positionnement du dispositif indique au cariste si la cale est bien positionnée ou non, il n'a plus besoin d'aller vérifier manuellement.

1.2.5 Procédure de présence du tracteur attelé

Suivant la méthode proposée dans cette mesure, le tracteur doit être attelé en permanence à la semi-remorque lors du transbordement. La présence du tracteur élimine les risques de basculement et réduit de façon très importante les risques de glissement.

Question	Impact (règle)	Explication
20 Temps de résidence d'un camion au quai	B	La question n'affecte pas l'efficacité de la mesure mais plutôt sa compatibilité avec l'établissement. Dans l'éventualité où la semi-remorque reste arrimée au quai pour une longue période, le tracteur qui y est attelé ne peut-être utilisé à d'autres fins. Cette situation peut affecter la productivité attendue de l'utilisation du tracteur. Dans ces conditions la mesure serait moins attrayante pour l'établissement.

23 Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque	C	Si les camionneurs ne quittent pas l'établissement avec la même semi-remorque qu'ils ont apportés, ils doivent forcément dételer le tracteur. Dans ces cas la procédure devient impossible à réaliser.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	A	Si les camionneurs ne respectent pas les règles ils peuvent négliger cette procédure. L'impact de A est dû au fait qu'il est difficile pour le camionneur de contourner la procédure (il suffit de ne pas dételer le camion).

N'ayant aucun impact sur la mesure, les paramètres physiques comme la pente de la cour, l'état de la chaussée et la nature de la chaussée ne sont pas évalués.

1.2.6 Chandelles sous la semi-remorque

L'utilisation d'une chandelle sous la semi-remorque lors des travaux de transbordement a comme objectif la réduction des risques de basculement uniquement.

Question	Impact (règle)	Explication
1 Nature de la chaussée	A	Si la chaussée est en gravier ou en terre, il est un peu plus difficile de positionner la chandelle (la déplacer) et la faire tenir en place s'il y a des ornières ou de la boue.
3 État de la cour en hiver (déneigement)	A	Si la cour est enneigée, le chemin pour accéder à la chandelle le sera aussi, décourageant ainsi certaines personnes à faire l'effort de déplacer et d'installer une chandelle dans ces conditions.
8 Distance maximale de la plus proche porte d'accès extérieur	A	De façon similaire aux cales, cette distance représente la distance qu'aura à parcourir une personne qui va soit chercher une chandelle dans l'établissement soit se faire rappeler de placer la chandelle une fois à l'intérieur. L'impact est assez faible cependant et la cote de A a été retenue.
12 Nature et état de la suspension des semi-remorques durant le transbordement	B	Les semi-remorques munies de suspensions à air peuvent avancer un peu pendant le transbordement (sans que les roues avancent), ce qui pourrait faire tomber la chandelle. Voir la modélisation des suspensions à air pour des explications du phénomène à la section 3.3.7 du rapport final.
18 Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée	A	Si l'installation des chandelles est faite par toute autre personne que le camionneur le nombre de camion transbordé aura une influence sur l'ampleur de la tâche qui prendra plus de temps et risquera donc d'être négligée. L'impact n'est cependant que de A car généralement seul un faible pourcentage des semi-remorques doivent être jumelées à une chandelle. La procédure implique tout de même que chaque semi-remorque doit faire l'objet d'une évaluation.

20 Temps de résidence d'un camion au quai	E	Si le temps de résidence est très court (cote de 4) la proportion du temps requis pour placer la chandelle sera important comparativement au temps de transbordement. Cette situation pourra avoir un effet dissuasif sur l'installation de la chandelle.
22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	B	Les camionneurs ne connaissant pas ou peu les règles et les procédures de l'entreprise pourraient avoir plus de difficultés à appliquer la procédure d'installation des chandelles.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Un cariste expérimenté sait reconnaître les circonstances où l'utilisation d'une chandelle est nécessaire et prendra les moyens nécessaires pour qu'elle soit placée. Il pourrait même refuser d'entrer dans une semi-remorque non protégée des risques de basculement par l'utilisation d'une chandelle.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	A	Les règles doivent être claires sur les raisons et les méthodes d'installation et d'utilisation des chandelles. La procédure n'est ni compliquée ni trop fastidieuse, c'est pourquoi une cote de A a été choisie.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	B	La qualité de la procédure ne garantie aucunement son application. Il revient aux employés (caristes et/ou planificateur - coordonnateur) d'appliquer la procédure et de prendre la décision d'installer ou non une chandelle. Ils doivent ensuite s'assurer de son installation. S'ils ne le font pas la chandelle risque de ne pas être positionnée.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	C	Dans les quelques établissements visités où des chandelles étaient utilisées, la tâche de positionner les chandelles était attribuer aux camionneurs (familiers avec les procédures). L'installation des chandelles étant basée sur l'application d'une procédure, si elle est reléguée aux camionneurs uniquement, il faut s'assurer que les règles et les procédures soient bien respectées.

1.2.7 Signalisation visuelle

Question	Impact (règle)	Explication
21 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	A	Un gareur ou camionneur familier connaît mieux le code de couleur, sa signification et quoi faire selon les circonstances.
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	A	Une lumière rouge peut être ignorée si le camionneur a reçu un OK du planificateur, ce dernier peut donc être à la source d'une erreur. Il devrait rappeler que les indications données par le système de signalisation ont préséance sur ses directives.

26 Autorisation de départ différée	A	Une autorisation de départ différée pourrait être interprétée comme une autorisation de départ immédiate causant un risque de départ inopiné. Le camionneur pourrait alors négliger une lumière rouge croyant que celle-ci est une erreur.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Les caristes doivent connaître la signification des lumières intérieures (les configurations sont parfois sont plus complexe que les lumières extérieures) et comment y réagir. Ils doivent également être sensibilisés à regarder la signalisation avant de transborder.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	B	Les employés de l'établissement (principalement les caristes) se doivent de respecter les règles pour que la signalisation soit une mesure efficace. Il a été constaté par l'équipe de recherche lors des visites que certains caristes continuaient de transborder même dans le cas où une lumière rouge indiquait qu'ils ne devaient pas le faire.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	C	Si les camionneurs ne respectent pas les règles alors cette mesure de retenue est pratiquement inutile. Plusieurs cas ont été recensés où des camionneurs ne portaient aucune attention (délibérément ou non) à l'état de la signalisation. Cette situation où les camionneurs ne respectent pas les règles et procédures est très préoccupante et augmente directement les risques de départs inopinés.

1.2.8 Alarme sonore

Question	Impact (règle)	Explication
6 Nombre de portes sur ce quai	B	Une alarme sonore reliée à un grand nombre de portes peut porter à confusion. Contrairement aux signaux lumineux, une alarme sonore est plus difficilement assignable à une porte en particulier. Il y a donc risque de confusion. Un grand nombre de portes signifie également que les alarmes retentiront plus souvent au quai. La crédibilité de ce moyen de protection pourrait être réduite si aucun accident ne s'y produit.
17 Vitesse de circulation des chariots a l'entrée ou la sortie des camions	B	Si les chariots se déplacent très rapidement et que l'alarme retentie, il est possible que les caristes n'aient pas le temps de réagir.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Les caristes doivent être en mesure de reconnaître l'alarme, de la différencier des autres pouvant retentir dans l'usine et de réagir au moment où ils l'entendent.

30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	B	Les camionneurs qui entendent l'alarme se doivent d'arrêter leur camion.

1.2.9 Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque

Question	Impact (règle)	Explication
11 Longueur des semi-remorques	A	Si la réponse à la question est de «0» (semi-remorques de 32 pieds) alors la procédure doit perdre quelques points car même avec cette procédure il peut subsister un certain risque dans les cas de semi-remorques d'une telle longueur.
16 Masse combinée du chariot et de la charge transportée	A	Si les chariots sont très lourds (réponse de 0 ou 1 à la question), la procédure perd en efficacité puisque la disponibilité d'un chariot léger pour effectuer les travaux est réduite.
17 Vitesse de circulation des chariots a l'entrée ou la sortie des camions	A	La vitesse de circulation est en relation directe avec le poids des chariots au regard des risques de basculement. Ces deux facteurs ne peuvent être isolés. La règle A attribuée à la question 16 module donc l'efficacité de la procédure.
18 Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée	A	Un grand nombre de camions rendra l'application systématique de la procédure plus ardue au regard du nombre de choix et de décisions à prendre. Aussi, un grand nombre de camions transbordés simultanément augmente les probabilités d'erreur d'identification des semi-remorques.
27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	B	Les caristes doivent être formés à la procédure car elle comporte des points qu'ils doivent bien connaître pour être en mesure de l'appliquer correctement.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	B	La procédure étant relativement complexe, elle doit être définie clairement, la méthode d'identification des semi-remorques dangereuses et la façon de les traiter. Comme c'est le cas pour toutes les procédures, les cas d'exception doivent être identifiés et les méthodes alternatives de travail sécuritaires proposées.

29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	C	Il est très important que la procédure soit respectée pour qu'elle soit efficace. Cette question a un impact majeur puisque la procédure repose entièrement sur le fait que les caristes l'appliquent ou non. Si la procédure n'est pas respectée alors la mesure est complètement inefficace.

1.2.10 Procédure de communication

Question	Impact (règle)	Explication
7 Numérotation des portes	B	La numérotation des portes doit être claire et sans ambiguïté afin de permettre une bonne communication. La procédure reposant en partie sur une identification correcte des portes, ce facteur est important.
18 Nombre de camions transbordés durant la période la plus achalandée	A	Un grand nombre de camions est plus difficile à gérer qu'un petit nombre, le risque d'erreur augmentant donc en conséquence (l'efficacité de la mesure diminue).
19 Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)	A	La co-activité rend la communication plus difficile augmentant le nombre d'erreurs possibles. Si plus d'un cariste transbordent la même semi-remorque au même moment, tous les caristes devront être informés au moment de l'autorisation du départ de la semi-remorque ou pour les informer d'une modification à la situation d'un transbordement.
22 Responsabilité du positionnement et du retrait des camions	A	Un camionneur qui ne serait pas familier avec les règles et les procédures de l'établissement pourrait être la cause d'incidents.
23 Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque	A	Si les camionneurs ne quittent pas avec la même semi-remorque qu'ils ont apportée, ils doivent recevoir les instructions sur la nouvelle semi-remorque qu'ils doivent prendre, ce qui implique une information supplémentaire, un facteur de complexification supplémentaire et un risque d'erreur supplémentaire, soit de se tromper de semi-remorque.
24 Gestion des camionneurs durant le transbordement	A	Les camionneurs ne faisant l'objet d'aucun contrôle et exposés aux indications ou signaux (qui ne leurs sont pas destinés) pourraient les interpréter de façon incorrecte comme un signal de départ. Note : Cette question est liée à la question 22; la cote de la question 24 ne pouvant être inférieure à la cote de la question 22.
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	A	La gestion de l'information qui est à la base de cette procédure est importante et les rôles et responsabilités doivent donc être clairement définis et attribués. Si la réponse à la question est de 0 ou 1, l'efficacité de la procédure doit être un peu réduite à cause des erreurs qu'une mauvaise gestion peut engendrer.

27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	B	La procédure peut être de nature assez complexe dans certaines circonstances (beaucoup de caristes et de camions, situations particulières etc.). La formation devra refléter cette complexité et couvrir tous les aspects d'une telle procédure.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	A	La procédure doit être clairement établie et définie. Comme c'est le cas pour toutes les procédures, les cas d'exception doivent être identifiés et les méthodes alternatives de travail sécuritaires proposées.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	B	Il est très important que la procédure soit respectée pour qu'elle soit efficace. Cette question a un impact majeur puisque la procédure repose entièrement sur son application par les caristes. Si les procédures ne sont pas respectées alors la mesure est complètement inefficace.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	C	La procédure implique au plus haut point les camionneurs, si ceux-ci ne respectent pas les procédures la mesure devient complètement inutile.

1.2.11 Procédure de retenue des clefs

Question	Impact (règle)	Explication
13 Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement	C	La procédure ne peut s'appliquer que si le tracteur reste attelé à la semi-remorque lors du transbordement.
20 Temps de résidence d'un camion au quai	B	De façon semblable à la procédure du tracteur attelé, si la semi-remorque reste arrimée au quai pour une longue période, le tracteur qui y est attelé ne peut-être utilisé à d'autres fins. Cette situation peut affecter la productivité attendue de l'utilisation du tracteur. Dans ces conditions la mesure serait moins attrayante pour l'établissement.
23 Proportion des camionneurs reprenant la même semi-remorque	C	Tout comme la question 13, si le camionneur change de semi-remorques il devient impossible de lui demander de laisser ses clefs puisqu'il doit automatiquement dételer sa semi-remorque.
25 Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	A	Le répartiteur à un rôle à jouer dans cette procédure, c'est parfois lui qui s'occupe d'organiser les clefs et de d'en faire le contrôle. C'est également lui qui doit s'assurer que la procédure est bien respectée par les camionneurs.

27 Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	A	Les caristes doivent être formés à la procédure afin qu'elle soit utilisée correctement.
28 Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	A	Les règles reliées à la procédure doivent être écrites et connues, cependant ces règles sont assez simples.
29 Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	C	Ce sont les employés qui auront à faire respecter les règles par les camionneurs. S'ils ne respectent pas la procédure et autorisent les camionneurs à garder leurs clefs la mesure devient inutile.
30 Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	A	Les camionneurs doivent respecter la procédure. Les risques de départ inopinés augmenteront si les camionneurs ne respectent pas la procédure.

1.3 Améliorations maximales possibles

Le concept d'améliorations maximales possibles a été abordé dans le rapport final. Celui-ci caractérise une amélioration du niveau de sécurité apporté par une mesure et ce dans des conditions optimales. Chaque mesure de retenue n'ayant pas le même impact sur la sécurité, l'amélioration maximale possible est différente d'une mesure à l'autre et d'un événement dangereux à l'autre.

1.3.1 Explications des niveaux de cotes

À l'origine l'équipe de recherche a défini trois niveaux d'amélioration possible maximale. Ils sont décris ainsi :

- Aucun impact, amélioration de 0.
  La mesure n'a aucun effet sur le risque.
- Impact modéré, amélioration de 1
  La mesure a un effet moyen. Elle améliore la situation, mais même dans les meilleures circonstances elle ne pourra empêcher à elle seule un accident. Par exemple, dans le cas d'un dispositif de retenue, il est possible qu'il ne soit pas en mesure de retenir tous les camions. Cet impact signifie que dans une situation désastreuse (niveau de sécurité brut faible) la mesure ne sera pas suffisante pour ramener le niveau de sécurité à un niveau acceptable.
- Impact suffisant pour réduire substantiellement le risque, amélioration de 3
  Lorsque la mesure est utilisée dans des conditions idéales elle est suffisante pour empêcher un accident. Cette cote devrait élever le niveau de sécurité à un niveau acceptable selon le barème établi, même si ce barème demande un niveau de sécurité de 4. (Il est impossible d'obtenir un niveau de sécurité brut inférieur à 1 tout en gardant une mesure de retenue sans dévalorisation.)

Lors de la validation de l'outil, certaines améliorations maximales ont été modifiées en fonction des incidents et accidents survenus dans les établissements utilisant les mesures. Le tableau 2 donne l'ensemble de valeurs d'amélioration maximales possibles attribuées aux différentes mesures.

Tableau 2

Résumé des améliorations maximales possibles

Impact	Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement	Impact	Dispositif de retenue des roues (auto.)	Impact	Cale manuelle	Impact	Cale à détection de positionnement et plaque de retenue	Impact	Procédure du tracteur attelé	Impact	Chandelle sous la semi-remorque	Impact	Signalisation intérieure/extérieure	Impact	Alarme sonore	Impact	Procédure de retenue des clés	Impact	Procédure de relation poids chariot / longueur semi-remorque	Impact	Procédure de communication avec camionneur ou gareur
	1,0		3,0		0,0		1,0		0,0		0,0		0,5		1,0		3,0		0,0		1,0
	3,0		3,0		0,5		3,0		3,0		0,0		0,0		1,0		0,0		0,0		0,0
	1,0		0,0		0,0		0,0		3,0		3,0		0,0		0,0		0,0		3,0		0,0

1.3.2 Dispositif de retenue de la barre anti-encastrement

Tel que le montre les calculs de modélisation sur la résistance des barres anti-encastrement, les barres ne peuvent pas systématiquement retenir un camion. Les forces exercées par le camions sont au-delà des capacités de résistance structurelles des barres dans de telles circonstances; il y a risque de rupture des barres. Toutefois, la présence d'une force de résistance pourrait inciter le camionneur à stopper les manœuvres. L'effet inverse est aussi possible : une force de résistance pourrait inciter le camionneur à tirer plus fort avec son tracteur croyant que la glace ou un chargement lourd le retient. Une amélioration possible d'une valeur de 1 a été octroyée face au risque de départ inopiné.

L'événement dangereux de glissement a obtenu une amélioration maximale possible de 3. La force que doit supporter la barre anti-encastrement lors d'un glissement est suffisamment faible pour que toutes les barres anti-encastrement soient capables de résister. Une semi-remorque dont le dispositif retient la barre correctement sera retenue s'il y a début de glissement.

Pour le basculement, certains dispositifs avec recouvrement sont capables de retenir la semi-remorque lors d'un basculement latéral ou d'un basculement simple. Ceci cependant n'évite pas l'incident, juste l'accident. Bien que certaines compagnies vendant des dispositifs se targuent que leur produit peut retenir contre le basculement latéral (avec preuves) l'équipe de recherche croit que le dispositif n'y arrivera pas à tous coups. De plus, toutes les formes de basculement ne peuvent être éliminées, d'où le choix de mettre 1 comme amélioration maximale possible.

1.3.3 Dispositif de retenue automatique des roues

Ce genre de dispositif est assez robuste pour retenir un camion et, contrairement à la barre anti-encastrement, la roue de la semi-remorque résistera sans difficultés aux efforts auxquelles elle sera soumise. Ce dispositif peut donc retenir le tracteur lors d'un départ inopiné, ce qui lui vaut une amélioration maximale de 3.

Le même raisonnement peut être utilisé dans le cas du glissement, le dispositif n'aura aucune difficulté à retenir la semi-remorque contre les forces générées lors d'un glissement. L'amélioration possible maximale est donc de 3.

Ce type de dispositif ne peut cependant rien contre le basculement, le dispositif n'étant pas conçu pour contrer ces situations. Aucune amélioration n'est donc à prévoir, la valeur 0 y est attribuée.

1.3.4 Cales manuelles

Un impact nul, pour une amélioration de 0 a été attribué aux cales pour réduire les risques de départ inopiné. Premièrement, lors des essais préliminaires sur les cales des tests ont été réalisés pour mettre à l'épreuve les cales lors d'un départ inopiné et il s'est avéré qu'aucune n'ai pu retenir le départ du camion. Dans la majorité des cas le camionneur ne ressentait pas la présence des cales. Pour les détails de ces essais se référer à l'annexe I.

La deuxième raison ne porte pas sur l'efficacité des cales mais sur le rôle qu'elles ont à jouer. Il incombe normalement au camionneur de retirer la cale avant de quitter avec son camion. Dans le cas d'une situation de départ inopiné où des cales seraient en usage, le camionneur croit qu'il est temps de partir et donc retire la cale. Elle ne sera donc d'aucune utilité à ce moment. Les cales seraient mises à l'épreuve si le camionneur oublie de la retirer! Dans l'éventualité où les cales pourraient retenir un camion, il ne serait pas judicieux de leur accorder une amélioration possible pour cette dernière raison.

L'amélioration maximale possible pour les risques de glissement est de 0,5. Les essais préliminaires sur les cales ont montré que les cales n'avaient que très peu d'influence sur le glissement. Encore une fois le lecteur peut se reporter à l'annexe I contenant le rapport sur les essais préliminaires sur les cales.

Les cales n'ont absolument aucun impact sur toutes les formes de basculement, d'où leur cote de 0 d'amélioration maximale possible vis-à-vis ce type d'événement.

1.3.5 Cales à détection de positionnement et plaque de retenue

L'amélioration maximale de cette mesure face au départ inopiné est de 1. La détection de positionnement, toujours associée à l'utilisation de ce dispositif en est la cause (comparativement aux cales manuelles qui, en l'absence de détection de positionnement n'ont pas d'influence sur le départ inopiné). Si le camionneur décide de retirer la cale au mauvais moment, la détection de positionnement le détectera et en informera ainsi le cariste et le camionneur, ce qui réduit le risque de départ inopiné.

Une cale à détection de positionnement bien positionnée sur une plaque de retenue en bon état, exempte de neige ou de débris empêchera un glissement de se produire. Une amélioration maximale possible de 3 est donc utilisée.

Tout comme les cales manuelles, ce type de cale ne peut empêcher un basculement de se produire. L'amélioration est donc nulle.

1.3.6 Procédure du tracteur attelé

Le risque de départ inopiné n'est pas réduit par l'application de la procédure du tracteur attelé. Aucune amélioration n'étant possible, la valeur 0 y est attribuée.

Face au glissement la situation est différence, Lorsqu'il est attelé à la semi-remorque et que ses freins sont engagés, le tracteur est assez lourd pour retenir un glissement de la semi-remorque sur tous les types de terrain. Ceci a été confirmé lors des essais préliminaires sur les cales. Une amélioration maximale possible de 3 a donc été attribuée à la procédure pour réduire l'événement dangereux de glissement.

Le risque de basculement est complètement éliminé si le tracteur est attelé à la semi-remorque. Il devient impossible de faire basculer la semi-remorque, le point de pivot créé par les béquilles n'existant plus. La cote de 3 s'applique à cette mesure.

1.3.7 Chandelles sous la semi-remorque

Les chandelles ont été conçues spécifiquement dans le but de prévenir le basculement et l'affaissement des béquilles, il est donc normal que l'amélioration maximale possible face au départ inopiné et au glissement soit de 0, le dispositif ne pouvant rien contre ces risques.

Contre le basculement une amélioration de 3 a été accordée. Si la chandelle est effectivement positionnée et placée correctement elle devient un support supplémentaire suffisant pour empêcher le basculement.

1.3.8 Signalisation visuelle

La signalisation a un faible impact sur le départ inopiné. La signalisation ne peut retenir le camion mais plutôt elle réduira la possibilité de voir le camionneur quitter au mauvais moment. Une valeur de 0,5 a été choisie suite aux observations et aux étapes de validation de l'outil.

La mesure a un impact négligeable pour le glissement et elle ne peut rien faire contre le basculement. Une valeur de 0 a donc été attribuée pour ces deux risques.

1.3.9 Alarme sonore

L'alarme a un certain impact pour réduire les risques de départ inopiné. Elle ne peut cependant retenir le camion mais pourra empêcher un accident de se produire. Lorsque les différents capteurs reliés à l'alarme détectent qu'il y a un danger (éloignement de la semi-remorque du quai), l'alarme retentit afin de le signaler au cariste. L'alarme peut avertir le cariste alors qu'il est à l'intérieur du camion, ce que la signalisation visuelle ne peut faire. Puisque l'évitement de l'accident ne peut être assuré en toutes circonstances si l'alarme est dans des conditions idéales une note de 1 a été donnée comme amélioration maximale possible.

Le même raisonnement peut être utilisé pour défendre la cote de 1 vis-à-vis le glissement. Selon la définition de l'alarme (voir l'annexe D des fiches de mise en œuvre) elle doit être capable de détecter un danger, donc d'en informer le cariste et éventuellement le camionneur et ainsi éviter l'accident, même si le cariste est à l'intérieur de la semi-remorque.

1.3.10 Procédure de retenue des clefs

Sans ses clefs le camionneur ne peut quitter, si la procédure est appliquée à la lettre et dans des conditions idéales alors l'événement dangereux de départ inopiné est éliminé, d'où la cote d'amélioration maximale de 3.

Aucune amélioration concernant les risques de glissement n'est à prévoir avec l'application de cette procédure.

La procédure n'a aussi aucune possibilité de prévenir contre les événements dangereux de glissement et de basculement. Notons que normalement la procédure n'est possible que lorsque le camion est un camion-fourgon surélevé ou une semi-remorque avec un tracteur attelé, dans ces deux cas le basculement est automatiquement éliminé.

1.3.11 Procédure de relation poids chariot – longueur semi-remorque

La procédure a été conçue pour réduire le risque de basculement et ne réduira aucunement le risque de départ inopiné.

Certains points de la procédure (poids du chariot par exemple) peuvent réduire le risque de glissement, mais le résultat ne serait qu'un effet secondaire et il ne serait pas recommandé de s'y fier pour réduire ce risque.

Comme démontré dans la modélisation sur le basculement, il existe certaines situations où le basculement devient très improbable. Si elle est appliquée à la lettre, la procédure recréera ces situations et réduira substantiellement le risque de basculement. Pour cette raison une amélioration maximale de 3 a été accordée. Il est à noter que pour que cette cote soit correcte (comme pour toute les autres mesures) la mise en œuvre doit être appliquée correctement, les éléments de cette procédure doivent être observée à la lettre car elle contient des éléments qui, s'ils ne sont pas mis en œuvre correctement, pourraient grandement réduire l'efficacité de la mesure.

1.3.12 Procédure de communication

Cette procédure a été créée pour réduire les possibilités d'erreur de communication entre le camionneur et le cariste (ou le répartiteur) qui pourraient mener à un départ inopiné. La procédure est décrite en détail dans une fiche de mise en œuvre de l'annexe M. Une procédure ne peut cependant pas retenir un camion et son application n'est pas à l'abri d'une erreur humaine. Une amélioration maximale possible de 1 doit donc être utilisée.

La mesure n'a aucun effet sur l'événement dangereux de glissement ou de basculement, puisqu'elle est entièrement procédurale.

ÉTUDES ET RECHERCHES

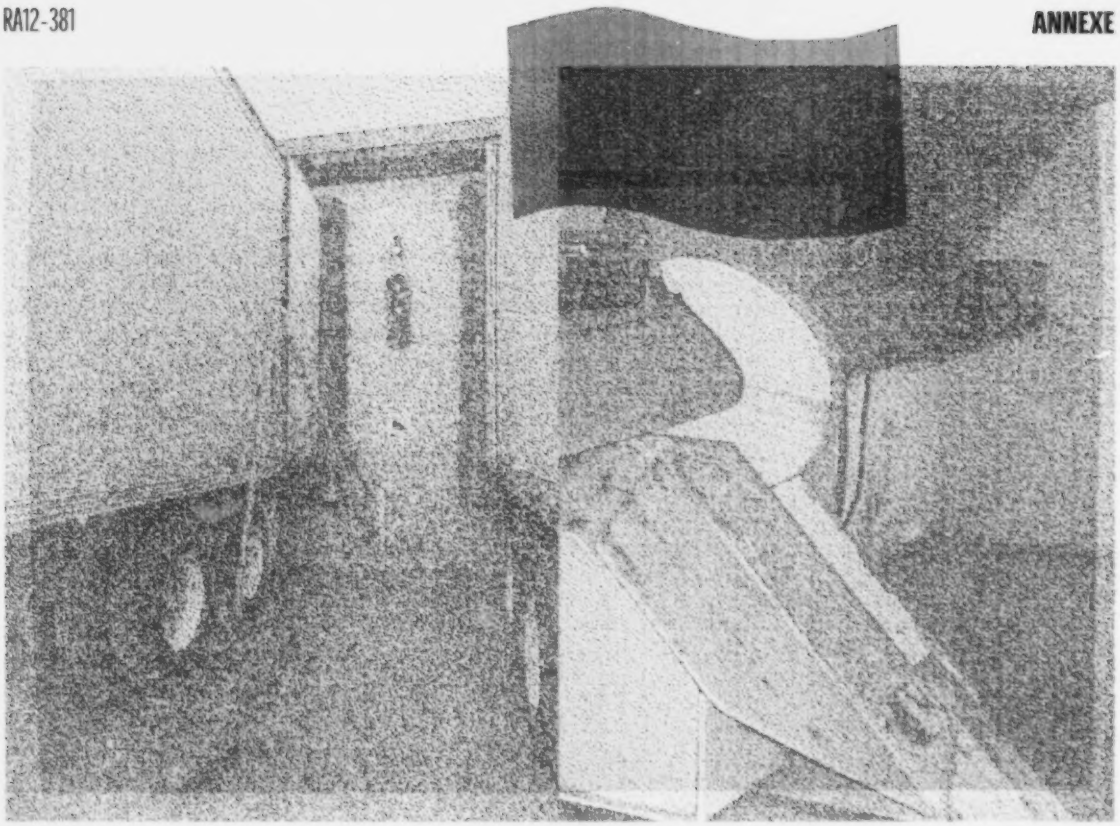
Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Fiches de mise en œuvre des mesures de retenue

François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA12-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Fiches de mise en œuvre des mesures de retenue

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Table des matières

1 LES DISPOSITIFS DE RETENUE DE LA BARRE ANTI-ENCASTREMENT 8

1.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 8
1.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 8
1.2.1 Objectifs spécifiques 8
1.2.2 Position de montage 8
1.2.3 Source de puissance 10
1.2.4 Type de retenue 10
1.2.5 Détection 13
1.2.6 Commandes (boîtier avec boutons de commande) 13
1.2.7 Autres considérations 13
1.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 14
1.3.1 Objectifs spécifiques 14
1.3.2 Installation du dispositif 14
1.3.3 Hauteur de l'installation 14
1.3.4 Formation des caristes 15
1.3.5 Information aux autres personnes 15
1.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 15
1.4.1 Objectifs spécifiques 15
1.4.2 Positionnement et retrait du dispositif 15
1.4.3 Assurance de mise en place 15
1.4.4 Procédure de rechange 15
1.4.5 Maintenance 16
1.4.6 Vérification de présence de barre anti-encastrement 16
1.4.7 Déneigement 16
1.4.8 Connaissance et application des procédures 16

2 LES DISPOSITIFS AUTOMATIQUES DE RETENUE DES ROUES 17

2.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 17
2.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 17
2.2.1 Objectifs spécifiques 17
2.2.2 Position de montage 17
2.2.3 Méthode de retenue 17
2.2.4 Interrelation avec le pont niveleur 18
2.2.5 Autres considérations 18
2.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 18
2.3.1 Objectifs spécifiques 18
2.3.2 Installation du dispositif 18
2.3.3 Formation des caristes 19
2.3.4 Information aux autres personnes 19
2.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 19
2.4.1 Objectifs spécifiques 19
2.4.2 Positionnement et retrait du dispositif 19
2.4.3 Assurance de mise en place 19
2.4.4 Procédure de rechange 19
2.4.5 Maintenance 19
2.4.6 Connaissance et application des procédures 20

3 LES CALES MANUELLES 21

3.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 21
3.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 21
3.2.1 Objectifs spécifiques *21*
3.2.2 Hauteur de la cale *21*
3.2.3 Longueur de la cale *21*
3.2.4 Largeur de la cale *22*
3.2.5 Face de contact roue-cale *22*
3.2.6 Surface de contact avec le sol en terrain meuble *23*
3.2.7 Résistance à l'écrasement *23*
3.2.8 Ergonomie *23*
3.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 23
3.3.1 Objectifs spécifiques *23*
3.3.2 Formation des caristes à la procédure *23*
3.3.3 Formation des gareurs à la procédure *24*
3.3.4 Information des camionneurs à la procédure *24*
3.3.5 Installation des cales *24*
3.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 24
3.4.1 Objectifs spécifiques *24*
3.4.2 Positionnement des cales *24*
3.4.3 Vérification du positionnement de la cale. *25*
3.4.4 Procédure contre le rampage « jugg » *25*
3.4.5 Retrait des cales *25*
3.4.6 Entretient de l'espace *25*
3.4.7 Exigences de l'établissement *25*
3.4.8 Connaissance et application des procédures *25*

4 LES CALES MANUELLES AVEC DÉTECTION DE POSITIONNEMENT ET PLAQUE DE RETENUE 26

4.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 26
4.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 26
4.2.1 Objectifs spécifiques *26*
4.2.2 Hauteur de la cale *26*
4.2.3 Longueur de la cale *26*
4.2.4 Largeur de la cale *26*
4.2.5 Face de contact roue-cale *27*
4.2.6 Résistance à l'écrasement *27*
4.2.7 Ergonomie *27*
4.2.8 Plaque de retenue *27*
4.2.9 Détection *27*
4.2.10 Signalisation *28*
4.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 28
4.3.1 Objectifs spécifiques *28*
4.3.2 Formation des caristes à la procédure *28*
4.3.3 Formation les gareurs à la procédure *28*
4.3.4 Information aux camionneurs sur la procédure *28*
4.3.5 Installation des cales *28*
4.3.6 Installation de la plaque de retenue *29*
4.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 29
4.4.1 Objectifs spécifiques *29*
4.4.2 Positionnement des cales *29*
4.4.3 Vérification de positionnement des cales. *29*

4.4.4 Retrait des cales *29*
4.4.5 Entretient de l'espace *29*
4.4.6 Entretien de la plaque de retenue *30*
4.4.7 Exigences de l'établissement *30*
4.4.8 Connaissance et application des procédures *30*

5 LA PROCÉDURE DE TRACTEUR ATTELÉ 31

5.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 31
5.2 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 31
5.2.1 Objectifs spécifiques *31*
5.2.2 Formation des caristes *31*
5.2.3 Information aux camionneurs *31*
5.3 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 31
5.3.1 Objectifs spécifiques *31*
5.3.2 Positionnement du tracteur *31*
5.3.3 Assurance de positionnement du tracteur *31*
5.3.4 Procédure de rechange *32*
5.3.5 Connaissance et application des procédures *32*

6 LES CHANDELLES DE SUPPORT 33

6.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 33
6.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 33
6.2.1 Objectifs spécifiques *33*
6.2.2 Corps de la chandelle *33*
6.2.3 Base de la chandelle *33*
6.2.4 Considérations ergonomiques *33*
6.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 33
6.3.1 Objectifs spécifiques *33*
6.3.2 Formation des personnes devant placer la chandelle *33*
6.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 34
6.4.1 Objectifs spécifiques *34*
6.4.2 Détermination de la nécessité d'utiliser une chandelle *34*
6.4.3 Détermination de la nécessité d'utiliser deux chandelles *35*
6.4.4 Cariste responsable de placer la chandelle *36*
6.4.5 Gareur responsable de placer la chandelle *37*
6.4.6 Camionneur responsable de placer la chandelle *37*
6.4.7 Connaissance et application des procédures *37*

7 LES DISPOSITIFS DE SIGNALISATION (INTÉRIEURS ET EXTÉRIEURS) 38

7.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 38
7.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 38
7.2.1 Objectifs spécifiques *38*
7.2.2 Indicateurs lumineux *38*
7.2.3 Détection *39*
7.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 39
7.3.1 Objectifs spécifiques *39*
7.3.2 Positionnement des indicateurs extérieurs *39*
7.3.3 Visibilité *40*
7.3.4 Panneaux de signalisation *40*
7.3.5 Formation *40*
7.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 40

7.4.1 Objectifs spécifiques *40*
7.4.2 Changement d'état (signalisation manuelle seulement) *40*
7.4.3 Maintenance *41*
7.4.4 Connaissance et application des procédures *41*

8 LES ALARMES SONORES **42**

8.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 42
8.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 42
8.2.1 Objectifs spécifiques *42*
8.2.2 Détection *42*
8.2.3 Alarme *42*
8.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 42
8.3.1 Objectifs spécifiques *42*
8.3.2 Formation des caristes *43*
8.3.3 Information des camionneurs *43*
8.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 43
8.4.1 Objectifs spécifiques *43*
8.4.2 Maintenance *43*
8.4.3 Connaissance et application des procédures *43*

9 LES PROCÉDURES DE RETENUE DES CLEFS **44**

9.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 44
9.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 44
9.2.1 Objectifs spécifiques *44*
9.2.2 Moyen matériel pour la gestion les clefs *44*
9.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 44
9.3.1 Objectifs spécifiques *44*
9.3.2 Formation et information des personnes concernées *44*
9.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 44
9.4.1 Objectifs spécifiques *44*
9.4.2 Prise des clefs *45*
9.4.3 Début du transbordement *45*
9.4.4 Remise des clefs *45*
9.4.5 Connaissance et application des procédures *45*

10 LES PROCÉDURES DE RELATION ENTRE LE POIDS DU CHARIOT ET LA LONGUEUR DE LA SEMI-REMORQUE **46**

10.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 46
10.2 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 46
10.2.1 Objectifs spécifiques *46*
10.2.2 Formation *46*
10.3 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 46
10.3.1 Objectifs spécifiques *46*
10.3.2 Évaluation du risque *46*
10.3.3 Réduction du risque *47*
10.3.4 Assurance de sécurité (si une méthode est appliquée) *47*
10.3.5 Connaissance et application des procédures *47*

11 LES PROCÉDURES DE COMMUNICATION **48**

11.1 DESCRIPTION ET OBJECTIF GÉNÉRAL 48
11.2 CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES 48

11.2.1 Objectifs spécifiques *48*
11.2.2 Affiche et documents informant de la procédure *48*
11.3 CONSIDÉRATIONS D'IMPLANTATION 48
11.3.1 Objectifs spécifiques *48*
11.3.2 Élaboration et mise en œuvre de la procédure *48*
11.3.3 Canaux de communication *49*
11.4 CONSIDÉRATIONS PROCÉDURALES 49
11.4.1 Objectifs spécifiques *49*
11.4.2 Positionnement de la semi-remorque *49*
11.4.3 Début du transbordement ..... -
11.4.4 Activités de transbordement *50*
11.4.5 Fin du transbordement *50*
11.4.6 Connaissance et application des procédures *50*
12 DÉFINITIONS **51**

INTRODUCTION

Le présent document regroupe les informations nécessaires pour retirer le maximum des mesures de retenue, pour aider l'utilisateur à les mettre en place et à déterminer les procédures nécessaires à leur bon fonctionnement.

Chaque mesure est divisée en trois sections : les considérations physiques, d'implantation et procédurales. Les considérations physiques font ressortir toutes les caractéristiques à tenir en compte avant d'acheter un dispositif, certains systèmes opérant mieux dans des conditions que d'autres. Les considérations d'implantation décrivent les opérations à effectuer lors de la mise en place de la mesure; la formation est une étape cruciale de l'implantation, celle-ci devrait toujours inclure une sensibilisation aux dangers que la mesure tente de réduire ainsi qu'une explication du pourquoi de la mesure. Les considérations procédurales énumèrent les caractéristiques de la procédure devant être utilisée pour que la mesure fonctionne à son plein potentiel.

1 LES DISPOSITIFS DE RETENUE DE LA BARRE ANTI-ENCASTREMENT

1.1 Description et objectif général

Un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement est un système souvent référé comme un crochet qui s'agrippe à la barre anti-encastrement (barre ICC[1], RIG[2] ou «*bumper*»). En s'accrochant à cette barre, le dispositif vise à retenir toute la semi-remorque. Le terme «*Dok-Lok*» est parfois utilisé pour désigner ces systèmes, bien que ce terme réfère en fait à un modèle particulier.

L'objectif de ce type de mesure est de retenir physiquement la semi-remorque au quai en cas de départ inopiné ou lorsqu'il y a risque de glissement pour éviter que celle-ci s'éloigne du quai. Certains dispositifs peuvent également réduire le danger de basculement, ceux-ci n'empêchent pas le début de basculement, mais arrivent à bloquer la semi-remorque avant qu'elle n'ait le temps de basculer complètement.

Prix moyen : environ 7 000$ par porte selon les modèles et les options choisies, incluant l'installation.

1.2 Considérations physiques

1.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'un dispositif fiable et robuste dans les conditions spécifiques du quai.
b) Disposer d'un dispositif pouvant opérer efficacement dans les conditions spécifiques du quai.
c) Disposer d'un dispositif pouvant accommoder le maximum de semi-remorques se présentant au quai.
d) Optimiser les possibilités du dispositif en relation avec les composantes du quai et avec les autres mesures de retenue.

1.2.2 Position de montage

1.2.2.1 À l'intérieur du quai (figure 1) :

- Préférable pour sa robustesse.
- Ne cause aucun problème pour le déneigement.
- Si la neige s'accumule en quantité importante, il est possible que l'accumulation empêche le crochet de sortir de son emplacement de repos ou de retourner à cette position lors du désengagement (la neige bloque l'entrée).
- Ce dispositif peut fonctionner adéquatement même en présence d'accumulations de débris au pied du quai.

1.2.2.2 Sur le mur (figure 2) :

- Sa robustesse est dépendante de son ancrage dans le quai. Le dispositif peut arracher du quai si le béton ou les ancrages ne sont pas assez résistants.

[1] ICC : Interstate Commerce Commission
[2] RIG : Rear Impact Guard

- Si la neige s'accumule fréquemment et de façon importante au pied du quai, le dispositif peut être arraché ou endommagé lors du déneigement. Certains modèles sont plus robustes que d'autres.
- Si le pied du quai[3] n'est pas recouvert ou si la neige, l'eau et les débris peuvent s'y retrouver fréquemment et de façon importante, il est possible que le fonctionnement du dispositif soit affecté (accumulation qui ralentit où bloque complètement ses mouvements).
- Pour certains modèles, une accumulation de neige ou de glace en dessous du dispositif peut le bloquer[4]. Un déneigement minutieux est alors nécessaire.
- Si des débris s'accumulent de façon importante au pied du quai alors ils peuvent entraver les mouvements de ce genre de dispositif.

1.2.2.3 Dans le sol (figure 3):

- Dispositif ne présentant pas de saillie lorsqu'il n'est pas utilisé.
- Lorsque bien installé, ce genre de dispositif est généralement très résistant à l'effort. Toutefois, le sol doit être en asphalte ou en béton pour que ce dispositif puisse offrir la force de retenue nécessaire.
- Manifestement, ces dispositifs réagissent assez mal à l'accumulation de glace qui pourrait se former dans les cavités. Il existe cependant des mesures qui permettent d'atténuer le problème. Il est également possible qu'une accumulation de débris puisse entraver les mouvements du dispositif.
- Aucun de ces dispositifs n'a été recensé au Québec dans le cadre de cette étude.

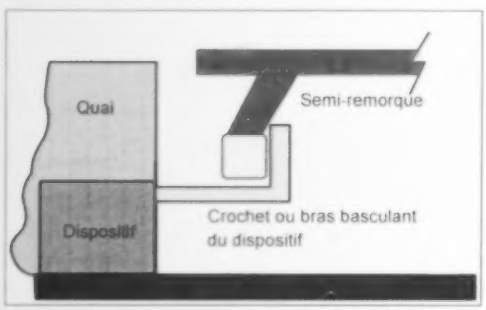


Figure 1. Dispositif à l'intérieur du quai

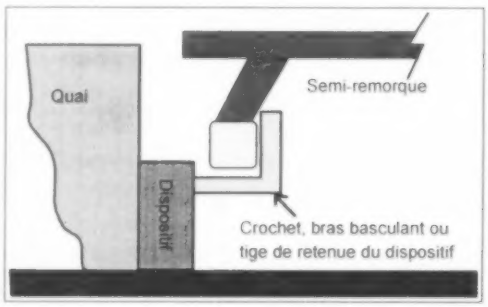


Figure 2. Dispositif positionné sur le mur

[3] Le pied du quai désigne une région débutant au mur du quai et qui s'étend 2 mètres plus loin dans la cour où se retrouvent les camions.
[4] Ces dispositifs ont un mécanisme qui monte et descend pour se positionner à la hauteur de la barre anti-encastrement. Si la neige s'accumule sous celui-ci et l'empêche de descendre assez bas alors le dispositif ou la barre anti-encastrement pourrait être endommagé.

- Si la neige s'accumule fréquemment et de façon importante au pied du quai, le dispositif peut être arraché ou endommagé lors du déneigement. Certains modèles sont plus robustes que d'autres.
- Si le pied du quai[1] n'est pas recouvert ou si la neige, l'eau et les débris peuvent s'y retrouver fréquemment et de façon importante, il est possible que le fonctionnement du dispositif soit affecté (accumulation qui ralentit ou bloque complètement ses mouvements).
- Pour certains modèles, une accumulation de neige ou de glace en dessous du dispositif peut le bloquer[2]. Un déneigement minutieux est alors nécessaire.
- Si des débris s'accumulent de façon importante au pied du quai alors ils peuvent entraver les mouvements de ce genre de dispositif.

1.2.2.3 Dans le sol (figure 3).

- Dispositif ne présentant pas de saillie lorsqu'il n'est pas utilisé.
- Lorsque bien installé, ce genre de dispositif est généralement très résistant à l'effort. Toutefois, le sol doit être en asphalte ou en béton pour que ce dispositif puisse offrir la force de retenue nécessaire.
- Manifestement, ces dispositifs réagissent assez mal à l'accumulation de glace qui pourrait se former dans les cavités. Il existe cependant des mesures qui permettent d'atténuer le problème. Il est également possible qu'une accumulation de débris puisse entraver les mouvements du dispositif.
- Aucun de ces dispositifs n'a été recensé au Québec dans le cadre de cette étude.

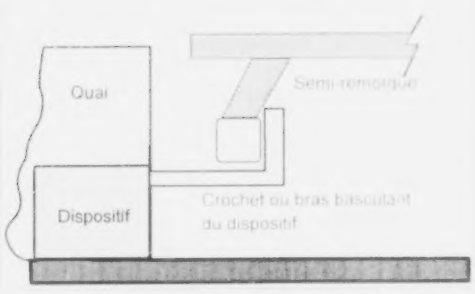


Figure 1 Dispositif à l'intérieur du quai

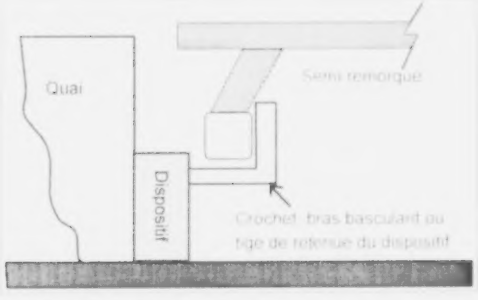


Figure 2 Dispositif positionné sur le mur

[1] Le pied du quai désigne une région débutant au mur du quai et qui s'étend 2 mètres plus loin dans la cour où se retrouvent les camions.

[2] Ces dispositifs ont un mécanisme qui monte et descend pour se positionner à la hauteur de la barre anti-encastrement. Si la neige s'accumule sous celle-ci et l'empêche de descendre assez bas alors le dispositif ou la barre anti-encastrement pourrait être endommagé.

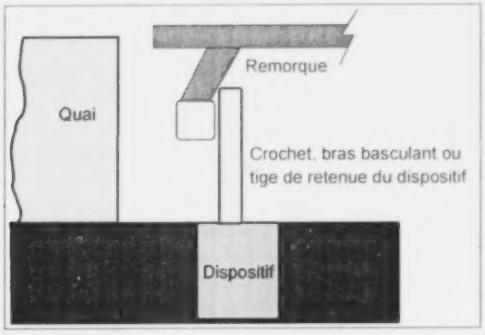


Figure 3. Dispositif dans le sol

1.2.3 Source de puissance

1.2.3.1 Manuelle

- Ce dispositif requiert une opération manuelle de la part des caristes pour le positionnement du dispositif.

1.2.3.2 Mécanisée

- Permet d'être activé par une simple action sur un bouton (donc plus rapide et facile d'opération). La source de puissance peut être électrique ou hydraulique.
- Il est préférable que les dispositifs hydrauliques soient munis d'un système de chauffage du fluide pour éviter les pertes de performance par temps froid.
- Les dispositifs mécanisés offrent généralement plus d'options (grâce à leur système électronique).

1.2.4 Type de retenue

1.2.4.1 Avec recouvrement

- Le seul type de crochet ayant la possibilité de retenir une semi-remorque en cas de basculement. Toutefois, le crochet et le boîtier du dispositif doivent être capable de résister aux efforts verticaux générés par le basculement.
- La géométrie du crochet (figure 4) influence l'efficacité de la retenue au basculement. Les crochets qui ne recouvrent que partiellement la barre anti-encastrement auront une efficacité très limitée contre le basculement, particulièrement si la barre anti-encastrement est ronde ou déformée.
- Ce dernier problème peut être accentué lorsque la cour est très inclinée.

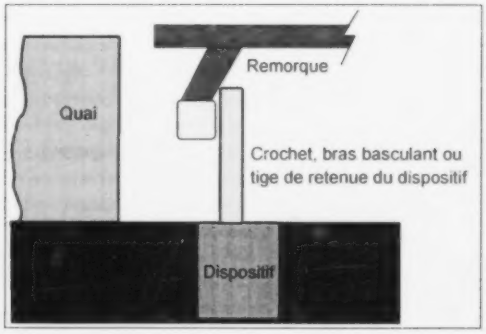


Figure 3. Dispositif dans le sol

1.2.3 Source de puissance

1.2.3.1 Manuelle

- Ce dispositif requiert une opération manuelle de la part des caristes pour le positionnement du dispositif.

1.2.3.2 Mécanisée

- Permet d'être activé par une simple action sur un bouton (donc plus rapide et facile d'opération). La source de puissance peut être électrique ou hydraulique.
- Il est préférable que les dispositifs hydrauliques soient munis d'un système de chauffage du fluide pour éviter les pertes de performance par temps froid.
- Les dispositifs mécanisés offrent généralement plus d'options (grâce à leur système électronique).

1.2.4 Type de retenue

1.2.4.1 Avec recouvrement

- Le seul type de crochet ayant la possibilité de retenir une semi-remorque en cas de basculement. Toutefois, le crochet et le boîtier du dispositif doivent être capable de résister aux efforts verticaux générés par le basculement.
- La géométrie du crochet (figure 4) influence l'efficacité de la retenue au basculement. Les crochets qui ne recouvrent que partiellement la barre anti-encastrement auront une efficacité très limitée contre le basculement, particulièrement si la barre anti-encastrement est ronde ou déformée.
- Ce dernier problème peut être accentué lorsque la cour est très inclinée.

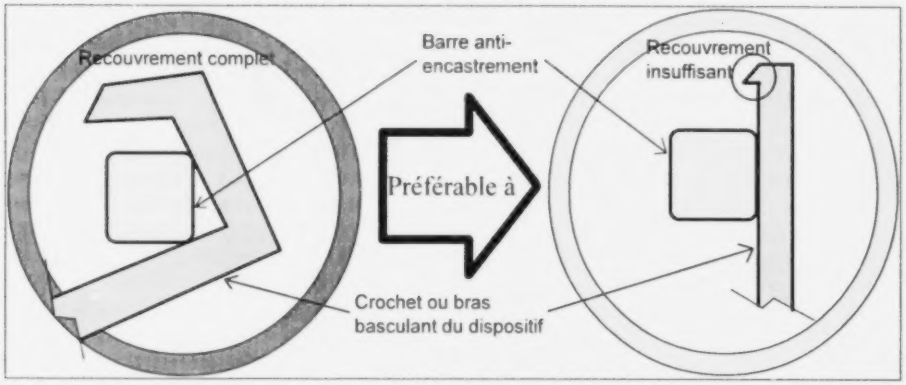


Figure 4. En terme de recouvrement, celui de gauche est préférable

1.2.4.2 Jeu entre le dispositif et la barre anti-encastrement

- Plus la distance horizontale entre le crochet (ou tige de retenue[5]) et la barre anti-encastrement est faible, meilleure est la capacité de retenue du dispositif.
- En cas de départ inopiné, un jeu important entre le dispositif et la barre anti-encastrement permet à la semi-remorque de gagner en inertie, ce qui pourrait entraîner un décrochage ou un arrachement de la barre anti-encastrement.

1.2.4.3 Hauteur de contact (figure 5,figure 6 et figure 7)

- La géométrie du crochet influence la capacité à retenir la semi-remorque en cas de départ inopiné. Les crochets dont la hauteur de contact avec la barre anti-encastrement est faible sont plus sensibles au décrochement de la barre anti-encastrement (si le dispositif permet le recouvrement alors la hauteur de contact peut être considérée satisfaisante).
- Ce problème de décrochement peut être accentué lorsque la cour est très inclinée vers l'extérieur (figure 7).

[5] La tige de retenue joue le même rôle que le crochet de retenue, elle a cependant la forme d'une tige droite et non d'un crochet.

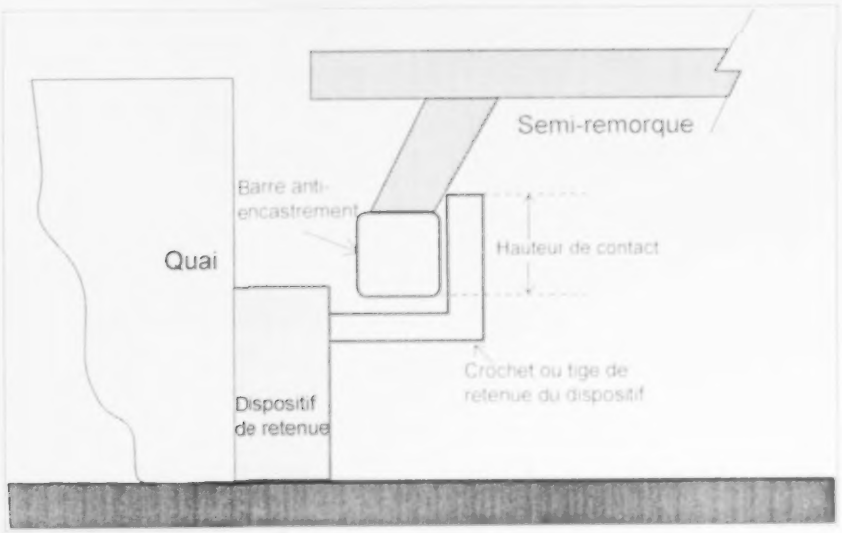


Figure 5: Définition de la hauteur de contact

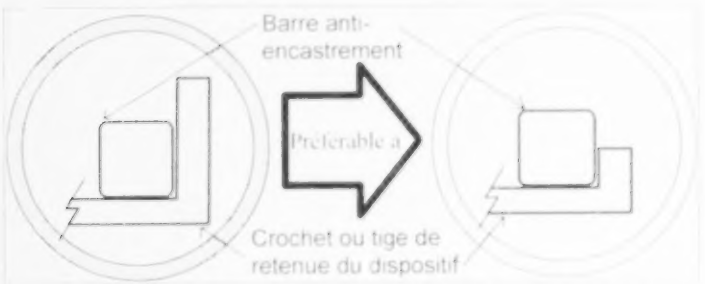


Figure 6: En terme de hauteur de contact, le dispositif de gauche est préférable

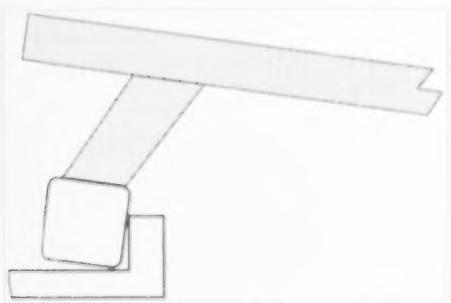


Figure 7: Lorsque la cour est inclinée, l'angle entre la barre anti-encastrement et le crochet peut faciliter le décrochage en cas de départ inopiné

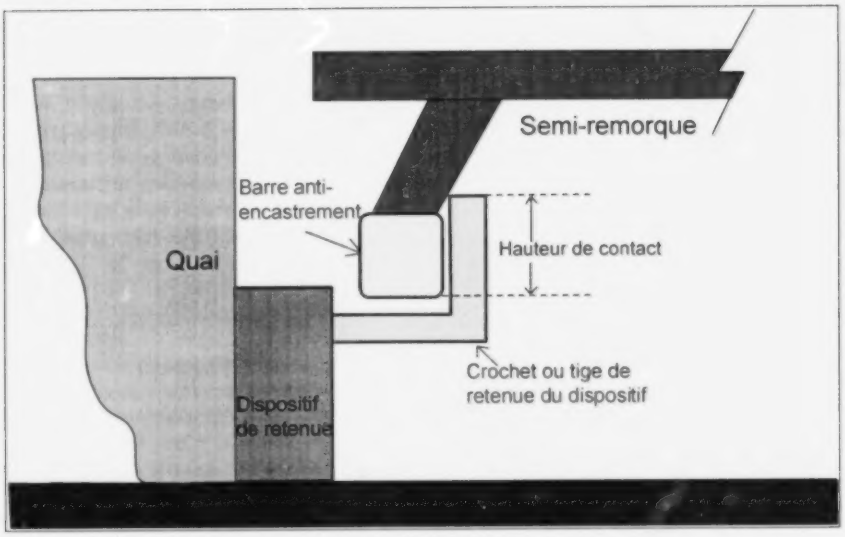


Figure 5: Définition de la hauteur de contact

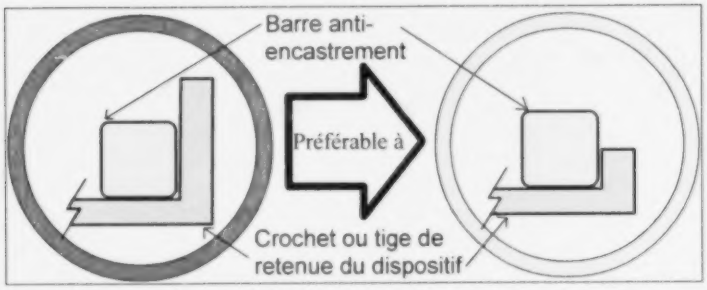


Figure 6: En terme de hauteur de contact, le dispositif de gauche est préférable

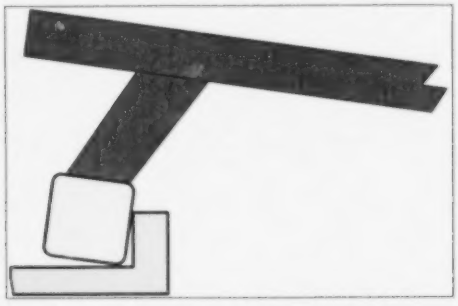


Figure 7. Lorsque la cour est inclinée, l'angle entre la barre anti-encastrement et le crochet peut faciliter le décrochage en cas de départ inopiné.

1.2.5 Détection

1.2.5.1 Détection constante de positionnement du dispositif

- La détection constante consiste en un système de capteurs surveillant continuellement la situation. Ces capteurs sont couplés à un système de signalisation qui reflète continuellement leur état.
- Pour certains dispositifs, la détection ne se fait qu'au positionnement du crochet. Dans cette situation, si un élément change de position ou d'état pendant le transbordement, la signalisation ne le reflète pas.
- La détection constante est préférable à une détection au positionnement seulement car elle permet de détecter les situations où le dispositif n'est plus positionné (bris ou autres causes).
- Le système idéal détecte à la fois la présence de la barre anti-encastrement[6] et le positionnement du dispositif, ce qui assure que la semi-remorque est effectivement retenue.

1.2.6 Commandes (boîtier avec boutons de commande)

1.2.6.1 Interrelation avec le pont niveleur

- Le système idéal permet la mise en place du dispositif puis du pont niveleur en utilisant une seule commande.
- Dans ce cas, le pont niveleur ne doit se mettre en place que lorsque le dispositif est bien positionné.
- À l'inverse, le dispositif ne peut être retiré qu'une fois le pont enlevé.
- L'action sur la commande ne doit pas déclencher simultanément le dispositif et le pont, il doit y avoir une séquence de commande qui n'autorise la mise en place du pont qu'une fois le dispositif bien positionné.

1.2.6.2 Commande de contournement (override)

- Dans le cas où la barre anti-encastrement ne serait pas détectée ou que le dispositif ne peut être mis en place correctement, un système de contournement est nécessaire.
- L'activation de la commande de contournement doit se faire à l'aide d'une clef (ou d'un dispositif semblable) afin d'éviter l'utilisation abusive du contournement.
- Un signal, clair et distinct, doit refléter la situation de contournement pour le cariste (car la semi-remorque n'est plus retenue par le dispositif).
- La commande de contournement doit tenir compte de l'interrelation avec le pont niveleur.

1.2.7 Autres considérations

1.2.7.1 Auto-diagnostic

Il est souhaitable que le dispositif soit équipé d'un système d'auto diagnostic qui surveille l'état de fonctionnement de ses principales composantes et informe l'utilisateur en cas de défaillance.

1.2.7.2 Goupille de cisaillement

La goupille de cisaillement est une petite tige de métal qui brise lorsque la force de traction sur le dispositif de retenu atteint un certain seuil. Certains dispositifs sont munis d'une telle goupille

[6] La détection de la semi-remorque ou de la position de la lèvre du pont niveleur ont un effet similaire.

afin d'éviter d'endommager le dispositif lorsque la force de traction devient trop importante. Cependant, lorsque la goupille se rompt, la semi-remorque n'est plus retenue, ce qui va à l'encontre de l'objectif premier du dispositif. Il est préférable que le dispositif ne soit pas équipé d'une goupille de cisaillement[7].

1.2.7.3 Suivi des mouvements verticaux

a) Un dispositif peut être caractérisé comme ayant un suivi des mouvements verticaux si la partie du dispositif entrant en contact avec la barre anti-encastrement de la semi-remorque se déplace de haut en bas accompagnant ainsi les mouvements verticaux de la barre (mouvements occasionnés par les variations de charge dans la semi-remorque).

- Le suivi des mouvements verticaux est surtout nécessaire pour les dispositifs à faible hauteur de contact avec la barre anti-encastrement, particulièrement lorsque les transbordements se font à partir de semi-remorques à suspensions à air.
- Une mauvaise maintenance du dispositif (lubrification) ou l'accumulation de débris ou de neige/glace peuvent gêner les mouvements verticaux du dispositif, ce qui peut entraîner un décrochage de la barre anti-encastrement.

1.2.7.4 «Fail-safe»

- Un système qui continue de retenir la barre anti-encastrement en cas de perte de sa source de puissance est préférable, surtout s'il n'y a pas de système de signalisation rattaché au dispositif.

1.3 Considérations d'implantation

1.3.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer d'une installation adéquate du dispositif.
b) S'assurer que les personnes interagissant ou susceptibles d'interagir avec le dispositif soient formées adéquatement.

1.3.2 Installation du dispositif

- L'installation du dispositif doit être effectuée par des professionnels spécialisés et désignés par le vendeur.

1.3.3 Hauteur de l'installation

- La hauteur de l'installation du dispositif doit être calculée en fonction de la plage d'opération des hauteurs du dispositif, de la plage des hauteurs des barres anti-encastrement des camions se présentant au quai et de la possibilité d'accumulation de neige sous les roues (ce qui ferait remonter les barres anti-encastrement).
- Si la hauteur entre le sol et le plancher du quai varie de porte en porte (affaissement de la chaussée, présence d'un puisard etc.), il faut positionner le dispositif à la même hauteur par rapport au sol et non par rapport au plancher du quai.

[7] Une exception à ceci, si la goupille est reliée à un système de détection et signalisation (lumière et alarme) et qu'elle se brise tout juste avant la limite de rupture du dispositif.

1.3.4 Formation des caristes

- Une formation des caristes est essentielle à l'efficacité du dispositif, notamment en ce qui a trait à la compréhension détaillée du fonctionnement et à la connaissance des actions provisoires à prendre dans les cas d'exceptions (cas où le dispositif ne fonctionne pas comme prévu).

1.3.5 Information aux autres personnes

- Les autres personnes susceptibles d'interagir avec le dispositif (par exemple, les camionneurs, les gens travaillant sur le quai ou les employés de maintenance pouvant se retrouver sur le quai) doivent être informées des procédures relatives à l'utilisation du dispositif. Ces personnes doivent être informées, par exemple, qu'elles ne doivent en aucun cas changer l'état du dispositif.

1.4 Considérations procédurales

1.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure pour le positionnement et le retrait du dispositif.
b) Définir une procédure de rechange pour les cas où le dispositif ne peut être utilisé.
c) Définir des mesures permettant d'assurer la fiabilité et le bon fonctionnement du dispositif.
d) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

1.4.2 Positionnement et retrait du dispositif

- Une procédure doit préciser clairement qui doit positionner le dispositif et qui doit le retirer ainsi que les conditions nécessaires pour le retirer. Sauf exceptions, une seule personne devrait être autorisée à retirer le dispositif après s'être assurée que le transbordement est bien terminé. Cette procédure doit prévoir les modalités de communication avec le camionneur ou le gareur.

1.4.3 Assurance de mise en place

- Avant de transborder, le cariste doit s'assurer que le dispositif est bien accroché à la barre anti-encastrement. Une procédure prévoyant une vérification visuelle est nécessaire si le dispositif n'est pas doté d'un système de surveillance qui informe du bon positionnement du dispositif.

1.4.4 Procédure de rechange

- Certains camion ne peuvent être accrochés par le dispositif (pas de barre anti-encastrement, barre en mauvais état, bris du dispositif, panne de courant, etc.). Une procédure de rechange est alors requise pour ces situations (utilisation d'une cale, retenue des clefs du camion, etc.). Cette procédure de rechange doit être connue des caristes et des camionneurs (ou gareurs).
- Cette procédure doit tenir compte des considérations de mise en œuvre qui s'appliquent.

1.4.5 Maintenance

- Une procédure de maintenance préventive, incluant l'inspection périodique, doit être mise en place conformément au manuel d'utilisation fourni avec le dispositif.

1.4.6 Vérification de présence de barre anti-encastrement

- L'établissement devrait faire une vérification de l'état des barres anti-encastrement sur les semi-remorques qu'elle reçoit et devrait exiger des transporteurs qu'ils se présentent avec des semi-remorques dont les barres anti-encastrement sont robustes et en bon état.

1.4.7 Déneigement

- Un déneigement adéquat doit être effectué pour que la neige et la glace n'entravent pas les mouvements du dispositif.

1.4.8 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire elle doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

2 LES DISPOSITIFS AUTOMATIQUES DE RETENUE DES ROUES

2.1 Description et objectif général

Les dispositifs automatiques de retenue des roues sont des systèmes qui visent à retenir le camion en maintenant une ou plusieurs roues du camion en place. Ces dispositifs sont mis en place mécaniquement (à l'appui d'un bouton) grâce à un système électrique ou hydraulique.

L'objectif de ce type de mesure est de retenir physiquement le camion au quai en cas de départ inopiné ou de risque de glissement pour éviter que celui-ci s'éloigne du quai.

Gamme de prix : 15 000$ à 50 000$ par porte selon les modèles et les options choisies.

2.2 Considérations physiques

2.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'un dispositif robuste dans les conditions spécifiques du quai.
b) Disposer d'un dispositif pouvant opérer dans les conditions spécifiques du quai.
c) Optimiser les possibilités du dispositif en relation avec les composantes du quai et avec les autres mesures de retenue.

2.2.2 Position de montage

2.2.2.1 Enfouis dans le sol :

- Manifestement très sensible à la présence de neige et de glace.
- Le déneigement peut cependant être plus facile si le dispositif est complètement enfoui dans le sol.
- Aucun de ces dispositifs n'a été répertorié au cours de cette étude.

2.2.2.2 Au-dessus du sol (sur rail)

- Le déneigement peut être difficile dans certaines conditions (le rail peut gêner certains types d'équipement de déneigement).
- Aucun de ces dispositifs n'a été répertorié au cours de cette étude.

2.2.3 Méthode de retenue

2.2.3.1 Barre

- Une barre se déplace horizontalement pour coincer la roue bien en place lors du transbordement.
- Une barre dont la hauteur est équivalente à la hauteur du centre de la roue aura une efficacité supérieure.

2.2.3.2 Cale

- Une cale, généralement remisée dans le sol, vient se positionner derrière la roue lorsque le mécanisme de positionnement est activé.

- Voir dans cette annexe « mise en œuvre des cales manuelles » pour les dimensions à respecter. Cependant, ces cales (si elles sont d'un matériau robuste) ne s'écraseront pas et ne devraient pas non plus pivoter car elles sont fixées dans le sol.

2.2.3.3 Multicale

- Ce système peut laisser un certain jeu entre la roue et la première cale efficace, occasionnant une possibilité de glissement limité du camion. Ceci peut entraîner la chute de la lèvre si la longueur d'appui de la lèvre est insuffisante.
- Voir dans cette annexe « mise en œuvre des cales manuelles » pour les dimensions à respecter. Cependant, ces cales (si elles sont d'un matériau robuste) ne s'écraseront pas et ne devraient pas non plus pivoter car elles sont fixées dans le sol.

2.2.4 Interrelation avec le pont niveleur

- Le système idéal permet la mise en place du dispositif puis du pont niveleur en utilisant une seule commande.
- Dans ce cas, le pont niveleur ne doit se mettre en place que lorsque le dispositif est bien positionné.
- À l'inverse, le dispositif ne peut être retiré que lorsque le pont niveleur est enlevé.
- L'actionnement de la commande ne doit pas déclencher simultanément le dispositif et le pont, il doit y avoir une séquence de commande.

2.2.5 Autres considérations

2.2.5.1 Auto-diagnostic

- Il est souhaitable que le dispositif soit équipé d'un système d'auto diagnostic qui surveille l'état de fonctionnement de ses principales composantes et informe l'utilisateur en cas de défaillance.

2.2.5.2 Fail-safe

- Un système qui continue d'être efficace en cas de perte de puissance est préférable, surtout s'il n'y a pas de système de signalisation rattaché au dispositif.

2.3 Considérations d'implantation

2.3.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer d'une installation adéquate du dispositif.
b) S'assurer que les personnes interagissant ou susceptibles d'interagir avec le dispositif soient formées adéquatement.

2.3.2 Installation du dispositif

- L'installation du dispositif doit être effectuée par des professionnels spécialisés et désignés par le vendeur du dispositif.

2.3.3 Formation des caristes

- Une formation est essentielle au bon fonctionnement du dispositif, notamment en ce qui a trait à la compréhension détaillée du fonctionnement et à la connaissance des actions provisoires à prendre dans les cas d'exception où le dispositif ne fonctionne pas comme prévu.

2.3.4 Information aux autres personnes

- Les autres personnes susceptibles d'interagir avec le dispositif (par exemple, les camionneurs, les gens travaillant sur le quai ou les employés de maintenance pouvant se retrouver sur le quai) doivent être informées des procédures relatives à l'utilisation du dispositif. Ces personnes doivent être informées, par exemple, qu'elles ne doivent en aucun cas changer l'état du dispositif.

2.4 Considérations procédurales

2.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure pour le positionnement et le retrait du dispositif.
b) Définir une procédure de rechange pour les cas où le dispositif ne peut être utilisé.
c) Définir des mesures permettant d'assurer la fiabilité et le bon fonctionnement dispositif.
d) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

2.4.2 Positionnement et retrait du dispositif

- Une procédure doit établir clairement qui doit positionner le dispositif et qui doit le retirer ainsi que les conditions nécessaires pour le retirer. Sauf exceptions, une seule personne devrait être autorisée à retirer le dispositif après s'être assuré que le transbordement est bien terminé. Cette procédure doit inclure les modalités de communication avec le camionneur ou le gareur.

2.4.3 Assurance de mise en place

- Avant de transborder, le cariste doit s'assurer que le dispositif est bien positionné. Une procédure de vérification visuelle est nécessaire si le dispositif n'est pas doté d'un système de détection qui informe du bon positionnement du dispositif.

2.4.4 Procédure de rechange

- Dans certain cas le dispositif peut ne pas fonctionner correctement (bris du dispositif, panne de courant etc.), il faut alors une procédure de rechange pour ces situations (utilisation d'une cale, retenue des clefs du camion, etc.). Cette procédure de rechange doit être connue des caristes et doit tenir compte des considérations pour la mise en œuvre qui s'appliquent.

2.4.5 Maintenance

- Une procédure de maintenance préventive, incluant l'inspection périodique, doit être mise en place conformément au manuel d'utilisation fourni avec le dispositif.

2.4.6 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures, pour ce faire elle doit les former ou informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

3 LES CALES MANUELLES

3.1 Description et objectif général

Une cale est un dispositif de forme généralement (mais pas uniquement) triangulaire que l'on place manuellement sous une roue du camion. Elle vise à retenir le camion en maintenant la roue en place. Ayant une efficacité généralement très limitée contre le départ inopiné, la majorité des cales visent essentiellement à retenir le camion en cas de glissement. Ce glissement est causé par les forces d'inertie transmise au camion lors du freinage du chariot élévateur. La norme SAE J348 JUN90 « *Wheel Chocks* » précise les caractéristiques que doit posséder une cale pour assurer un minimum d'efficacité. Dans la suite du document, cette norme sera référencée pour ce qui est des dimensions des cales. Il est à noter que la grande majorité des cales disponibles sur le marché ne présentent pas les caractéristiques dictées par la norme.

Prix moyen : environ 300$ par porte, incluant les accessoires (support, chaîne, etc.) et l'installation.

3.2 Considérations physiques

3.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'une cale qui peut retenir les forces engendrées par un glissement du camion ou par un roulement (freins non appliqués) de celle-ci et ce en :
   - Résistant à la déformation excessive sous la charge;
   - Résistant au pivotement sous un effort de la roue;
   - Résistant au glissement sous un effort de la roue;
   - Résistant à un enfoncement dans un sol meuble.

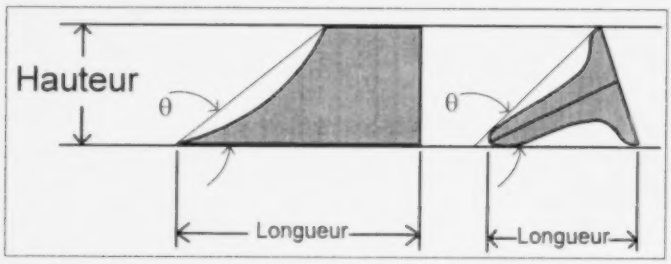


Figure 8. Définition de longueur, hauteur et angle d'une cale

3.2.2 Hauteur de la cale

- Pour convenir à une roue de 44 pouces de diamètre, la cale doit avoir une hauteur minimale de 28 cm (12 pouces) selon la norme SAE J348 (figure 8).

3.2.3 Longueur de la cale

- La longueur de la cale doit être au moins 1.73 fois sa hauteur, soit 53.3 cm (21 pouces) pour une cale de 30.5 cm (12 pouces) de hauteur selon la norme SAE J348.

3.2.4 Largeur de la cale

- La cale doit avoir une largeur équivalent à au moins les ¾ de la largeur de la roue du camion selon la norme SAE J348, soit au moins 17.1 cm (6,75 pouces) pour convenir à la majorité des roues de semi-remorques (pneus de 9 pouces de semelle).

3.2.5 Face de contact roue-cale

- La face de contact entre la roue et la cale peut être droite ou préférablement concave afin de maximiser la surface de contact.
- Selon la norme SAE J348, l'angle entre la base de la cale et la face de contact entre la roue et la cale doit être compris entre 35° et 45° (voir θ de la figure 8).
- En respectant ces dimensions (hauteur, longueur et angle), la cale prend une forme allongée qui rend son pivotement plus difficile et réduit également le danger de voir la cale s'enfoncer dans le sol sous l'effet de la charge imposée par la roue (voir figure 9, figure 10 et figure 11).

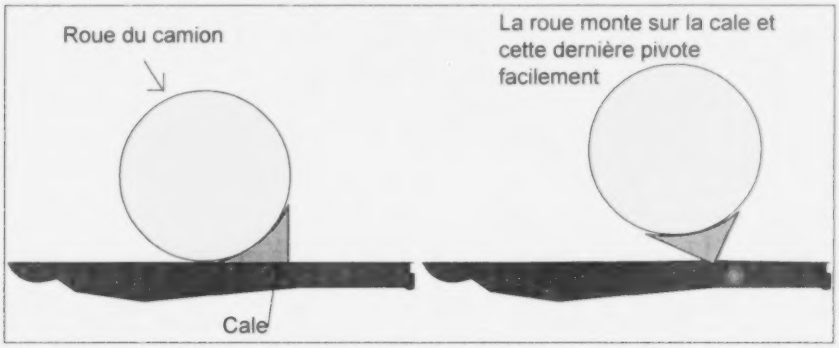


Figure 9: Cale pivotant facilement

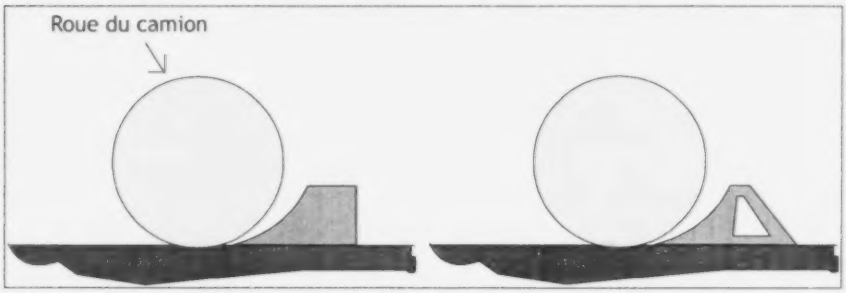


Figure 10: Cales résistant mieux au pivotement

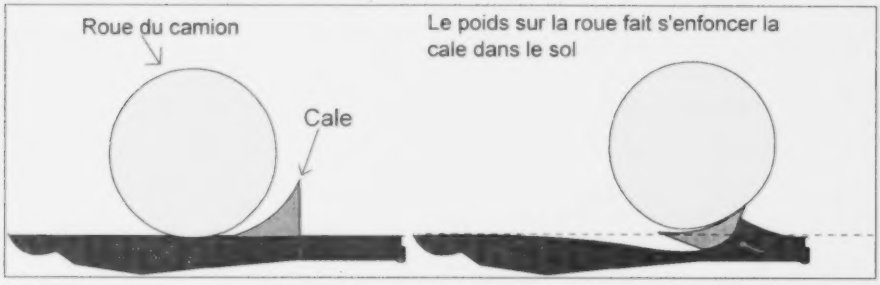


Figure 11. La cale s'enfonce dans le sol

3.2.6 Surface de contact avec le sol en terrain meuble

- La surface de contact avec le sol (le dessous de la cale) doit être adaptée au terrain sur lequel la cale sera utilisée. Dans le cas d'une cour en terre battue ou gravier (terrain meuble), la cale doit avoir une grande surface de contact avec le sol pour éviter de s'enfoncer (voir figure 11).

3.2.7 Résistance à l'écrasement

- La cale doit être constituée d'un matériau robuste ne se déformant pas sous le poids du camion. La norme SAE J348 précise les paramètres de résistance des cales en fonction du rayon de la roue. La majorité des cales en caoutchouc ou en polymère disponibles sur le marché ne résistent pas à l'écrasement par la roue d'une semi-remorque chargée. Les cales métalliques offrent de meilleures performances à cet égard.

3.2.8 Ergonomie

- Le poids de la cale doit être considéré pour permettre aux utilisateurs de la placer et de la retirer aisément.
- Une poignée ou une structure avec prise facile est recommandée pour la manipulation.

3.3 Considérations d'implantation

3.3.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer que les personnes chargées de positionner les cales (camionneurs ou gareur) aient l'information nécessaires pour que les cales soient utilisées adéquatement.
b) S'assurer que les cales soient disponibles, facilement accessibles et en bon état.

3.3.2 Formation des caristes à la procédure

- Une formation est essentielle à l'application adéquate de la mesure.
- Les caristes doivent connaître les limites d'efficacité des cales manuelles.
- Les caristes doivent savoir quoi faire dans toutes les circonstances (cales non placée, refus du camionneur de placer la cale, cale absente ou utilisée sur un autre camion, etc.).

3.3.3 Formation des gareurs à la procédure

- Le cas échéant, les gareurs doivent également être formés aux procédures impliquant la cale, entre autres sur la manière de positionner les cales.

3.3.4 Information des camionneurs à la procédure

- Les camionneurs doivent être informés des procédures s'ils ont à placer les cales. Des affiches bien en évidence devraient le leur rappeler. Il est également souhaitable de les informer de cette procédure à l'entrée du site, surtout si les camionneurs ne sont pas familiers avec l'établissement.

3.3.5 Installation des cales

- Les cales sont difficiles à installer si l'espace entre deux camions est de moins de 60 cm (23½ pouces), dans ces situations la cale devrait être installée de l'autre coté du camion ou une autre mesure devrait être utilisée.
- Les cales devraient être remisées sur un support lorsqu'elles ne sont pas sous la roue, pour éviter qu'elles ne soient couvertes de neige en hiver et pour qu'elles soient facilement repérables et accessibles.
- Elles devraient également être attachées solidement à ce support par une corde ou une chaîne, afin d'éviter quelles se retrouvent hors de la zone d'utilisation. La corde ou la chaîne peut aussi être utilisée pour manipuler la cale ou pour la localiser dans la neige.
- L'endroit doit être éclairé et non encombré.
- Des affiches à la vue des camionneurs doivent indiquer clairement où et comment installer les cales. Ces affiches doivent êtres bien visibles dans la zone de positionnement, et non seulement à l'intérieur de l'usine.

3.4 Considérations procédurales

3.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure pour le positionnement adéquat de la cale.
b) Définir des mesures permettant aux caristes de s'assurer du positionnement de la cale.
c) Définir une procédure permettant de s'assurer du bon fonctionnement de la mesure.
d) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

3.4.2 Positionnement des cales

- Une personne doit positionner la cale dès l'arrivée de la semi-remorque au quai de la manière suivante :
  - Elle doit normalement être positionnée sur une roue extérieure à l'arrière du camion, préférablement à gauche;
  - Elle doit être à plat et parallèle à la roue;
  - Elle doit être positionnée directement sous la roue du camion (le centre de la cale vis-à-vis le centre de la roue), et le plus près possible de celle-ci. Un espace de 1 à 2 centimètres entre la roue et la cale peut être laissé pour faciliter le retrait de la cale si la roue s'affaisse un peu (lors d'un chargement).

3.4.3 Vérification du positionnement de la cale.

- Une vérification visuelle est préférable, mais une confirmation du camionneur ou du gareur peut être acceptable.
- Si, lors de la vérification de positionnement de la cale, le cariste constate qu'elle est absente, il doit prendre les moyens nécessaires pour qu'elle soit positionnée correctement, soit en demandant à la personne concernée de le faire, soit en le faisant lui-même.

3.4.4 Procédure contre le rampage « *jugg* »

- Le rampage est un mouvement d'avance par « à coups », causé par la déformation de la suspension à air à chaque fois que le chariot entre et sort de la semi-remorque (lorsque les freins sont appliqués).
- Ce mouvement est très difficile à contrer par une simple cale. Ce type de glissement peut cependant être contré par une procédure simple qui consiste à neutraliser la suspension à air, soit en la dégonflant, soit en plaçant un dispositif qui neutralise complètement la suspension pendant le transbordement[8].

3.4.5 Retrait des cales

- À la fin du transbordement, une seule personne doit être autorisée à retirer la cale. La cale doit être remise sur son support de rangement.

3.4.6 Entretient de l'espace

- L'endroit où est placé la cale ainsi que le chemin d'accès doivent être entretenus (déneigés / déglacés).

3.4.7 Exigences de l'établissement

Si l'établissement fait affaire avec une ou plusieurs compagnies de transport, il pourrait exiger de ces compagnies qu'elles fassent respecter les règles et procédures qui s'appliquent à leur personnel. Des mesures disciplinaires doivent être prévues en cas de non-respect des procédures.

3.4.8 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les personnes concernées connaissent et respectent les procédures, pour ce faire elle doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux employés, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

[8] Sur certains modèles de semi-remorque la suspension à air se neutralise automatiquement lorsqu'elles sont dételées du tracteur. Attention, cela n'est pas le cas de tous les modèles.

4 LES CALES MANUELLES AVEC DÉTECTION DE POSITIONNEMENT ET PLAQUE DE RETENUE

4.1 Description et objectif général

Les cales manuelles à détection de positionnement et plaque de retenue sont semblables aux cales manuelles simples puisqu'elles s'installent devant une roue du camion. Elles visent à empêcher le camion de quitter le quai inopinément et de glisser. Elles présentent toutefois des caractéristiques supplémentaires par rapport aux cales manuelles. Elles ne sont pas positionnées directement sur le sol, mais sur une plaque métallique dont la forme s'harmonise avec le dessous de la cale afin de réduire les risques de glissement. De plus, elles possèdent un système qui détecte si une roue est devant la cale, confirmant ainsi (à l'aide d'un système de signalisation) le bon positionnement de la cale.

L'objectif de ce type de mesure est de retenir le camion contre un glissement ou un départ inopiné et de donner une information supplémentaire au cariste et au camionneur sur l'état de la mesure.

Prix moyen : 3500$ par porte, incluant l'installation.

4.2 Considérations physiques

4.2.1 Objectifs spécifiques

b) Disposer d'une cale qui peut retenir les forces engendrées par un glissement du camion et ce en :
   - Résistant à la déformation excessive sous la charge;
   - Résistant au pivotement sous un effort de la roue;
   - Résistant au glissement sous un effort de la roue.

c) Disposer d'un système de détection / communication permettant au cariste et au camionneur (ou gareur) de connaître l'état du dispositif.

4.2.2 Hauteur de la cale

- Pour convenir à une roue de 44 pouces de diamètre, la cale doit avoir une hauteur minimale de 28 cm (12 pouces) selon la norme SAE J348 (figure 8).

4.2.3 Longueur de la cale

- La longueur de la cale doit être au moins 1.73 fois sa hauteur, soit 53.3 cm (21 pouces) pour une cale de 30.5 cm (12 pouces) de hauteur selon la norme SAE J348.

4.2.4 Largeur de la cale

- La cale doit avoir une largeur équivalent à au moins les ¾ de la largeur de la roue du camion selon la norme SAE J348, soit au moins 17.1 cm (6,75 pouces) pour convenir à la majorité des roues de semi-remorques (pneus de 9 pouces de semelle).

4.2.5 Face de contact roue-cale

- La face de contact entre la roue et la cale peut être droite ou préférablement concave afin de maximiser la surface de contact.
- Selon la norme SAE J348, l'angle entre la base de la cale et la face de contact entre la roue et la cale doit se situer entre 35° et 45° (voir θ de la figure 8).
- En respectant ces dimensions (hauteur, longueur et angle), la cale prend une forme allongée qui rend son pivotement plus difficile (voir figure 9 et figure 10).

4.2.6 Résistance à l'écrasement

- La cale doit être constituée d'un matériau robuste ne se déformant pas sous le poids du camion. La norme SAE J348 précise les paramètres de résistance des cales en fonction du rayon de la roue. La majorité des cales en caoutchouc ou en polymère disponibles sur le marché[9] ne résistent pas à l'écrasement par la roue d'une semi-remorque chargée. Les cales métalliques offrent de meilleures performances à cet égard.

4.2.7 Ergonomie

- Le poids de la cale doit être considéré pour permettre aux utilisateurs de la placer et de la retirer aisément.
- Une poignée ou une structure avec prise facile est recommandée pour la manipulation.

4.2.8 Plaque de retenue

- L'objectif principal de la plaque de retenue est d'augmenter la résistance au glissement de la cale et aussi de limiter l'enfoncement de la cale dans le sol. Pour ce faire, la plaque devra posséder une surface rugueuse ou avec des aspérités qui viendront limiter le glissement de la cale.
- La plaque doit être maintenue solidement sur le sol pour que son effet soit réel.

4.2.9 Détection

- Un système de détection doit déterminer si la cale est bien en place devant la roue. Ce système doit nécessairement être relié à un système de signalisation.
- Ce système devrait être fiable et difficile à contourner.
- Il doit envoyer le signal de bon positionnement seulement une fois la cale bien positionnée sur la face de la roue, et non simplement lorsque la cale n'est plus à sa position de repos.

[9] Toutes les cales caoutchouc ou en polymère mises à l'épreuve lors de cette étude n'ont pas résistées à l'écrasement. Puisqu'elles représentaient un échantillon typique des cales disponibles sur le marché, il est raisonnable d'affirmer que les autres cales du même genre réagiront de la même façon.

4.2.10 Signalisation

- La signalisation doit refléter clairement l'état du dispositif ; le cariste doit être certain que le camion est bien calé avant de transborder. D'autre part, le camionneur devrait recevoir les deux messages suivants de la signalisation[10] :
  - S'il peut retirer les cales ou non;
  - S'il peut quitter le quai ou non

4.3 Considérations d'implantation

4.3.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer que les personnes chargées de positionner les cales (camionneurs ou gareur) aient l'information nécessaire pour que les cales soient utilisées adéquatement.
b) S'assurer d'une installation adéquate des cales au quai.

4.3.2 Formation des caristes à la procédure

- Une formation est essentielle pour assurer une efficacité maximale du dispositif. Les caristes doivent savoir quoi faire dans toutes les circonstances (cale non placée, refus du camionneur de placer la cale, cale ou signalisation défectueuse etc.)

4.3.3 Formation les gareurs à la procédure

- Le cas échéant, les gareurs doivent également être formés aux procédures impliquant l'utilisation de la cale, entre autres sur la manière de positionner les cales et sur l'interprétation de la signalisation.

4.3.4 Information aux camionneurs sur la procédure

- Si les camionneurs doivent placer les cales, ils doivent être au courant des procédures. Des affiches, placées bien en évidence, devraient le leur rappeler. Il est également souhaitable de les informer verbalement de cette procédure à leur entrée sur le site (surtout si les camionneurs ne sont pas familiers avec l'établissement).

4.3.5 Installation des cales

- Les cales devraient être faciles à trouver et à installer.
- Elles devraient être munies d'un mécanisme de facilitation du positionnement qui garde la cale au-dessus du sol à l'état de repos ou devraient posséder un support pour être remisées lorsqu'elles ne sont pas sous la roue, pour éviter qu'elles ne soient couvertes de neige en hiver et pour qu'elles soient faciles à atteindre.
- Elles doivent préférablement être rattachées solidement à ce support par une corde, une chaîne ou le mécanisme de positionnement (bras articulé). L'objectif étant d'éviter que les cales se retrouvent hors de leur zone d'utilisation. Par ailleurs, la corde ou le mécanisme de positionnement est utile pour manipuler ou retrouver la cale dans la neige.
- L'endroit où les cales sont remisées et utilisées doit être éclairé et non encombré.

[10] Ces deux messages pourraient être transmis par le même signal (lumière verte), bien que ceci ne soit pas recommandé puisque le camionneur pourrait être tenté de quitter sur une lumière verte alors que la cale est toujours présente.

- Des affiches, bien en vue des camionneurs, doivent indiquer clairement où et comment installer les cales. Ces affiches doivent êtres vues avant ou pendant les manœuvres de positionnement des camions, et non une fois le camionneur arrivé à l'intérieur de l'usine.

4.3.6 Installation de la plaque de retenue

- La plaque de retenue (dentelée) doit être installée par des personnes qualifiées conformément aux instructions du fabriquant. Lorsque positionnée, la cale devrait reposer entièrement sur la plaque.

4.4 Considérations procédurales

4.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure pour le positionnement adéquat de la cale.
b) Définir des mesures permettant aux caristes de s'assurer que la cale est bien positionnée.
c) Définir une procédure permettant de s'assurer du bon fonctionnement de la mesure.
d) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

4.4.2 Positionnement des cales

- Une personne doit positionner la cale dès l'arrivé du camion au quai de la manière suivante :
  - Elle doit être positionnée sur la roue extérieure à l'arrière du camion, préférablement à gauche;
  - Elle doit être à plat et parallèle à la roue;
  - Elle doit être positionnée directement sous la roue du camion (le centre de la cale vis-à-vis le centre de la roue), et le plus près possible de celle-ci. Un espace de 1 à 2 centimètres entre la roue et la cale peut être laissé pour faciliter le retrait de la cale si la roue s'affaisse un peu (lors d'un chargement).

4.4.3 Vérification de positionnement des cales.

- Ce système est équipé d'une détection de positionnement de la cale contre la roue qui a été conçu afin d'informer le cariste du bon positionnement de la cale.
- Si la cale n'a pas été positionnée correctement, il est indispensable que le cariste prenne les moyens nécessaires pour remédier à cette situation.

4.4.4 Retrait des cales

- Une fois le transbordement terminé, une et une seule personne[11] doit être autorisée à retirer les cales. La cale doit être remise à sa position de rangement.

4.4.5 Entretient de l'espace

- L'endroit où est placé la cale ainsi que le chemin pour s'y rendre doivent être entretenus (déneigés / déglacé).

[11] Peut être le camionneur, même s'il est différent à chaque fois.

4.2.10 Signalisation

- La signalisation doit refléter clairement l'état du dispositif ; le cariste doit être certain que le camion est bien calé avant de transborder. D'autre part, le camionneur devrait recevoir les deux messages suivants de la signalisation[10] :
  - S'il peut retirer les cales ou non;
  - S'il peut quitter le quai ou non

4.3 Considérations d'implantation

4.3.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer que les personnes chargées de positionner les cales (camionneurs ou gareur) aient l'information nécessaire pour que les cales soient utilisées adéquatement.
b) S'assurer d'une installation adéquate des cales au quai.

4.3.2 Formation des caristes à la procédure

- Une formation est essentielle pour assurer une efficacité maximale du dispositif. Les caristes doivent savoir quoi faire dans toutes les circonstances (cale non placée, refus du camionneur de placer la cale, cale ou signalisation défectueuse etc.)

4.3.3 Formation les gareurs à la procédure

- Le cas échéant, les gareurs doivent également être formés aux procédures impliquant l'utilisation de la cale, entre autres sur la manière de positionner les cales et sur l'interprétation de la signalisation.

4.3.4 Information aux camionneurs sur la procédure

- Si les camionneurs doivent placer les cales, ils doivent être au courant des procédures. Des affiches, placées bien en évidence, devraient le leur rappeler. Il est également souhaitable de les informer verbalement de cette procédure à leur entrée sur le site (surtout si les camionneurs ne sont pas familiers avec l'établissement).

4.3.5 Installation des cales

- Les cales devraient être faciles à trouver et à installer.
- Elles devraient être munies d'un mécanisme de facilitation du positionnement qui garde la cale au-dessus du sol à l'état de repos ou devraient posséder un support pour être remisées lorsqu'elles ne sont pas sous la roue, pour éviter qu'elles ne soient couvertes de neige en hiver et pour qu'elles soient faciles à atteindre.
- Elles doivent préférablement être rattachées solidement à ce support par une corde, une chaîne ou le mécanisme de positionnement (bras articulé). L'objectif étant d'éviter que les cales se retrouvent hors de leur zone d'utilisation. Par ailleurs, la corde ou le mécanisme de positionnement est utile pour manipuler ou retrouver la cale dans la neige.
- L'endroit où les cales sont remisées et utilisées doit être éclairé et non encombré.

[10] Ces deux messages pourraient être transmis par le même signal (lumière verte), bien que ceci ne soit pas recommandé puisque le camionneur pourrait être tenté de quitter sur une lumière verte alors que la cale est toujours présente.

- Des affiches, bien en vue des camionneurs, doivent indiquer clairement où et comment installer les cales. Ces affiches doivent êtres vues avant ou pendant les manœuvres de positionnement des camions, et non une fois le camionneur arrivé à l'intérieur de l'usine.

4.3.6 Installation de la plaque de retenue

- La plaque de retenue (dentelée) doit être installée par des personnes qualifiées conformément aux instructions du fabriquant. Lorsque positionnée, la cale devrait reposer entièrement sur la plaque.

4.4 Considérations procédurales

4.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure pour le positionnement adéquat de la cale.
b) Définir des mesures permettant aux caristes de s'assurer que la cale est bien positionnée.
c) Définir une procédure permettant de s'assurer du bon fonctionnement de la mesure.
d) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

4.4.2 Positionnement des cales

- Une personne doit positionner la cale dès l'arrivé du camion au quai de la manière suivante :
  - Elle doit être positionnée sur la roue extérieure à l'arrière du camion, préférablement à gauche;
  - Elle doit être à plat et parallèle à la roue;
  - Elle doit être positionnée directement sous la roue du camion (le centre de la cale vis-à-vis le centre de la roue), et le plus près possible de celle-ci. Un espace de 1 à 2 centimètres entre la roue et la cale peut être laissé pour faciliter le retrait de la cale si la roue s'affaisse un peu (lors d'un chargement).

4.4.3 Vérification de positionnement des cales.

- Ce système est équipé d'une détection de positionnement de la cale contre la roue qui a été conçu afin d'informer le cariste du bon positionnement de la cale.
- Si la cale n'a pas été positionnée correctement, il est indispensable que le cariste prenne les moyens nécessaires pour remédier à cette situation.

4.4.4 Retrait des cales

- Une fois le transbordement terminé, une et une seule personne[11] doit être autorisée à retirer les cales. La cale doit être remise à sa position de rangement.

4.4.5 Entretient de l'espace

- L'endroit où est placé la cale ainsi que le chemin pour s'y rendre doivent être entretenus (déneigés / déglacé).

[11] Peut être le camionneur, même s'il est différent à chaque fois.

4.4.6 Entretien de la plaque de retenue

- La plaque doit être parfaitement exempte de neige, de glace et de débris pour que la mesure fonctionne correctement.
- S'il y a possibilité d'accumulation de glace et de neige, l'établissement devra s'équiper d'un système chauffant ou devra faire un déneigement fréquent et minutieux de la plaque dentelée.
- Un nettoyage fréquent de la plaque est également requis pour retirer tous débris pouvant s'y retrouver.

4.4.7 Exigences de l'établissement

- L'établissement doit exiger des compagnies avec qui elles fait affaire, qu'elles fassent respecter les règles et procédures spécifique à l'établissement. Elle devrait également prendre des mesures disciplinaires en cas de non-respect des procédures.

4.4.8 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures, pour ce faire elle doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

5 LA PROCÉDURE DE TRACTEUR ATTELÉ

5.1 Description et objectif général

La procédure de tracteur attelé implique qu'un tracteur soit toujours attelé à la semi-remorque pendant l'opération de transbordement et que les freins de celle-ci soient engagés.

L'objectif de cette procédure est d'éliminer le risque de basculement de la semi-remorque et de réduire les probabilités de glissement. En effet, si les freins du tracteur sont appliqués, les risques de glissement sont grandement réduits.

5.2 Considérations d'implantation

5.2.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer que toutes les personnes concernées ont reçu l'information nécessaire et, le cas échéant, la formation associée à cette procédure.

5.2.2 Formation des caristes

- Une formation est essentielle à l'efficacité de la mesure. Les caristes doivent savoir quoi faire dans toutes les circonstances, particulièrement dans les cas d'exception (le tracteur ne peut resté attelé, le tracteur doit être retiré pour quelques minutes, etc.).

5.2.3 Information aux camionneurs

- Les camionneurs doivent être informés de la procédure. Par exemple, des affiches à la vue des camionneurs peuvent indiquer clairement qu'ils doivent laisser leur tracteur attelé sur la semi-remorque.
- Des documents écrits peuvent également être utilisés.

5.3 Considérations procédurales

5.3.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure qui garantisse que les transbordements se feront toujours avec le tracteur attelé à la semi-remorque.
b) Définir les mesures à prendre à prendre pour les cas d'exceptions.
c) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

5.3.2 Positionnement du tracteur

- Le camionneur doit positionner normalement sa semi-remorque, laisser le tracteur attelé et s'assurer que les freins du tracteur et de la semi-remorque sont engagés.

5.3.3 Assurance de positionnement du tracteur

- Avant de commencer le transbordement, le cariste doit s'assurer que le tracteur est bien attelé à la semi-remorque, soit en regardant, soit en demandant au camionneur.

- Si le tracteur n'est pas attelé, le cariste (ou une personne désignée) doit demander au camionneur de le faire.
- Si le tracteur ne peut rester attelé (le tracteur doit quitter l'établissement, un autre tracteur doit y être attelé, etc.) alors des mesures de rechange doivent être utilisées.

5.3.4 Procédure de rechange

- Il est possible que certains établissements ne puisse appliquer la procédure tout le temps; certaines semi-remorques devant être dételées pour une raison quelconque. Si cette situation se produit, il est nécessaire de mettre en place une des mesures de rechange suivantes :
  - Attendre qu'un tracteur soit attelé à la semi-remorque pour procéder au transbordement;
  - Utiliser une autre mesure de retenue selon les dangers en présence[12];
  - Faire un transbordement manuellement.

5.3.5 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire elle doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

[12] À cette étape les mesure permettant de contrer les risques devraient être connus, la cale (glissement) et la chandelle (basculement) pourraient être des solutions alternatives. Ou encore réserver une porte pour les camions devant être dételés et équiper cette porte d'un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement avec recouvrement.

6 LES CHANDELLES DE SUPPORT

6.1 Description et objectif général

Une chandelle est un support métallique qui est placé à l'avant d'une semi-remorque lorsque le tracteur n'y est plus attelé. Celle-ci offre alors un support supplémentaire à la semi-remorque. Normalement, la hauteur de la chandelle est variable pour accommoder les différentes hauteurs de semi-remorques.

L'objectif des chandelles est de prévenir le basculement de la semi-remorque vers l'avant et/ou la défaillance des béquilles.

Prix moyen : environ 400$ par chandelle.

6.2 Considérations physiques

6.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'une chandelle capable de prévenir le basculement.

6.2.2 Corps de la chandelle

- La chandelle doit être fabriquée d'un matériau résistant et être capable de supporter une charge verticale d'au moins 10 000Kg (22 050 lbs).

6.2.3 Base de la chandelle

- La base de la chandelle doit être assez large pour éviter qu'elle ne bascule lorsque la semi-remorque bouge un peu et pour éviter quelle ne s'enfonce dans le sol (surtout si ce dernier est meuble; gravier, terre battue humide, etc.).

6.2.4 Considérations ergonomiques

- La chandelle devrait être munie de poignées facilitant sa manipulation et posséder un système de roues pour faciliter ses déplacements ou être très légère pour permettre à l'utilisateur de la soulever facilement.

6.3 Considérations d'implantation

6.3.1 Objectifs spécifiques

a) Assurer une formation adéquate aux personnes devant placer la chandelle (caristes ou gareurs selon le choix de l'établissement).

6.3.2 Formation des personnes devant placer la chandelle

- Une formation est nécessaire à l'efficacité de la mesure. Selon le contexte, différentes personnes peuvent être responsables de placer la chandelle. Il est cependant toujours de la

responsabilité du cariste de déterminer si une chandelle doit être utilisée et si elle est effectivement utilisée.

- Si un gareur s'occupe de toutes les semi-remorques, il est préférable que celui-ci s'occupe de placer les chandelles. Si l'accès au quai est partagé entre un gareur et des camionneurs, l'établissement devrait décider qui du gareur ou du cariste doit positionner les chandelles.
- Si les camionneurs sont très familiers avec l'établissement, ils pourraient être responsables de placer la chandelle. Cette solution est cependant peu recommandable car l'établissement a généralement moins de contrôle sur les camionneurs.

6.4 Considérations procédurales

6.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure afin de déterminer si une chandelle doit être utilisée.
b) Définir une procédure afin de déterminer si une ou deux chandelles sont requises.
c) Définir une procédure pour le positionnement de la ou des chandelles si besoin est.
d) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

6.4.2 Détermination de la nécessité d'utiliser une chandelle

La chandelle sert uniquement à contrer le basculement. Ce danger n'est cependant pas présent dans toutes les situations. Dans le but de sauver du temps et des opérations inutiles, il est possible, pour le cariste, de déterminer si les chandelles sont vraiment requises en analysant les éléments suivants :la présence du tracteur, la longueur de la semi-remorque, le poids du chariot et de la charge, l'inclinaison de la cour et la vitesse de circulation du chariot dans les semi-remorques. Le (tableau 1) schématise les situations où le danger est présent.

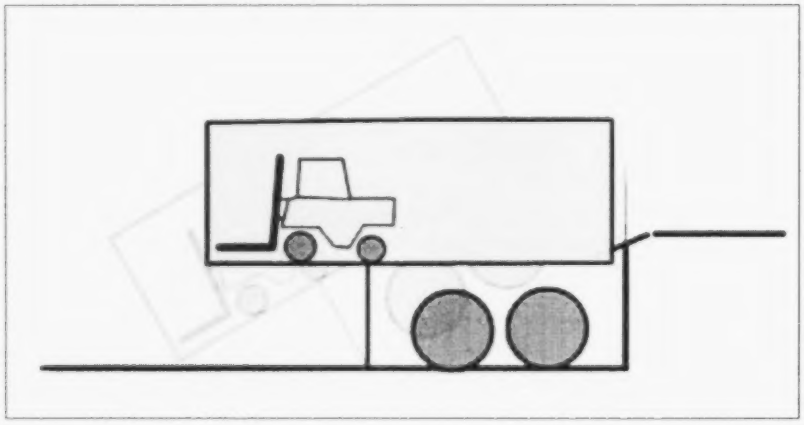
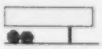
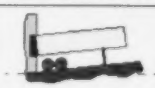


Figure 12: Situation à risque (semi-remorque courte)

Tableau 1

Évaluation du risque de basculement

Évaluation du risque de basculement			
	Risque plus grand	Risque plus faible	Risque nul
Présence du tracteur			
Longueur de la remorque	- de 42 pieds	42 pieds ou +	 53 pieds
Masse du chariot et de la charge	+ de 18 700 lbs	- de 18 700 lbs	
Inclinaison de la cour			
Vitesse de circulation	Pas de course	Vitesse de marche lente	

6.4.3 Détermination de la nécessité d'utiliser deux chandelles

Lorsque la semi-remorque est en mauvais état, ses béquilles peuvent être plus sujettes à s'effondrer sous l'effort. Il peut alors se produire un basculement latéral de la semi-remorque et ce, malgré la présence d'une chandelle (figure 13) Il est alors recommandé d'installer deux chandelles au devant de la semi-remorque, on d'utiliser une chandelle double (figure 14).

En allant placer la première chandelle, il est recommandé de faire une inspection rapide des béquilles de la semi-remorque. Si elles semblent solides alors une seule chandelle est nécessaire, sinon une deuxième chandelle pourrait être utile pour prévenir un basculement latéral (affaissement des béquilles).
Note : Il existe des doubles-chandelles disponibles sur le marché (voir la figure 14)

Il est évidemment important que la ou les chandelles soient placées avant le début des activités de transbordement.

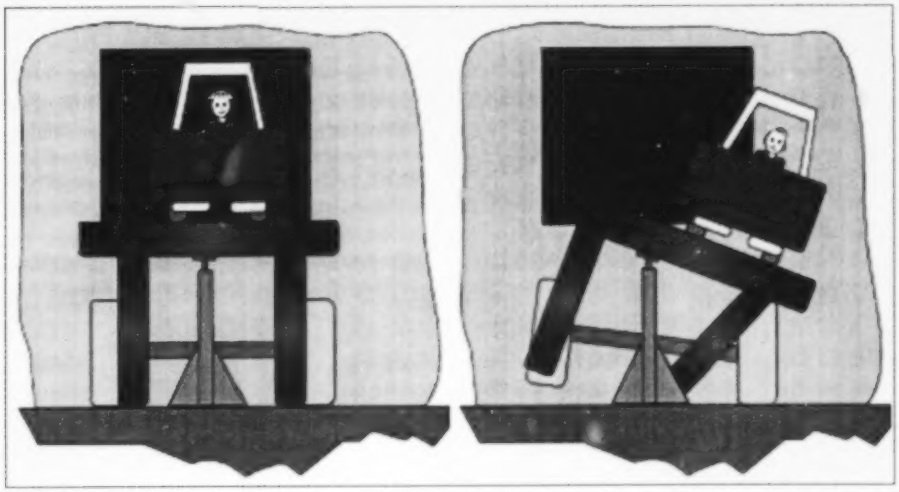


Figure 13: Si une béquille cède, la semi-remorque peut basculer latéralement malgré la présence d'une chandelle.

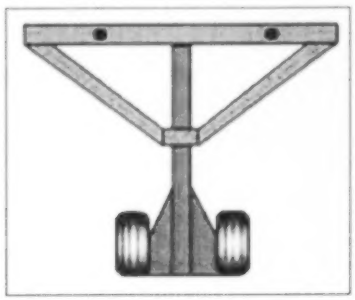


Figure 14: Une double chandelle ayant le même effet que deux chandelles

6.4.4 Cariste responsable de placer la chandelle

- Le cariste doit déterminer s'il faut placer une chandelle, et si oui, il doit déterminer s'il est préférable d'en mettre deux[13].
- Si une chandelle ou plus est jugée nécessaire alors le cariste doit la/les positionner.
- S'il y a co-activité (plusieurs caristes transbordant la même semi-remorque) alors tous les caristes doivent attendre d'être informés que le transbordement est sécuritaire avant que celui-ci ne débute.

[13] L'établissement peut également décider de mettre des chandelles systématiquement sous toutes les semi-remorques.

6.4.5 Gareur responsable de placer la chandelle

- Le gareur doit déterminer s'il faut placer une chandelle, et si oui, il doit déterminer s'il est préférable d'en mettre deux.
- Si une ou deux chandelles doivent être positionnées alors le gareur doit les placer.
- Une fois l'opération terminée il informe le cariste que la situation est sécurisée et le transbordement peut débuter.
- Une fois l'autorisation du départ reçue et confirmée, le gareur peut retirer les chandelles et déplacer la semi-remorque.

6.4.6 Camionneur responsable de placer la chandelle

- Le cariste doit déterminer s'il faut placer une chandelle, et si oui, il doit déterminer s'il est préférable d'en mettre deux. Il en informe le camionneur.
- Une fois les chandelles placées le camionneur en informe le cariste et celui-ci peut débuter le transbordement.
- Le camionneur peut retirer les chandelles seulement après avoir reçu la confirmation de son autorisation de départ.

6.4.7 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les personnes concernées connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire, il doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

7 LES DISPOSITIFS DE SIGNALISATION (INTÉRIEURS ET EXTÉRIEURS)

7.1 Description et objectif général

Les dispositifs de signalisation permettent de transmettre des informations aux caristes et aux camionneurs sur l'état de la situation du transbordement et, le cas échéant, sur l'état de certains dispositifs de retenue mécaniques. Ils sont généralement constitués d'indicateurs lumineux rouges et verts, mais peuvent également comporter d'autres couleurs ou, plus rarement, être d'une nature autre que lumineuse (système à drapeau par exemple).

L'objectif de la signalisation est de prévenir un départ inopiné en informant les différents intervenants de l'état du transbordement et en les avertissant d'une situation dangereuse.

Prix moyen : environ 200$ par porte

7.2 Considérations physiques

7.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'un système de signalisation qui informe correctement de la situation de transbordement.
b) Disposer d'un système de signalisation qui détecte une situation dangereuse.
c) Disposer d'un système de signalisation qui est facilement visible des caristes et des camionneurs ou gareurs.

7.2.2 Indicateurs lumineux

7.2.2.1 Ampoules

- Les ampoules doivent être d'une intensité adéquate, particulièrement pour les indicateurs extérieurs.
- Il est préférable d'avoir des indicateurs lumineux composés de deux ampoules ou de plusieurs LED plutôt qu'une seule ampoule qui peut parfois ne plus fonctionner sans que l'on s'en rendre compte. Les systèmes équipés de dispositifs d'auto diagnostic qui informent le cariste lorsqu'une ampoule est brûlée sont également adéquats si le remplacement est effectué rapidement.

7.2.2.2 Code de couleur des indicateurs extérieurs

- Le code de couleur devrait être simple (p. exemple : rouge = ne pas quitter, vert, autorisation de départ). Un code complexe avec lumières clignotantes et avec plusieurs combinaisons de couleurs peut porter à confusion.
- Si le code de couleur est plus complexe que rouge fixe et vert fixe, il est préférable de mettre une affiche bien en vue des camionneurs indiquant la signification des états de la signalisation. Par exemple, les cales à détection de positionnement et plaque de retenue pourraient avoir 4 états, soit le quai libre (lumière verte, déplacement du camion permis), le camion au quai (lumière jaune clignotante, il faut placer la cale), le transbordement en cours (lumière rouge, ne pas déplacer du camion) et le pont niveleur retiré (lumière verte clignotante, il faut retirer la cale).

7.2.2.3 Code de couleur des indicateurs intérieurs

- Le code de couleur des indicateurs intérieurs peut être un peu plus complexe que celui à l'extérieur puisqu'il est généralement possible de mieux former les caristes. Il peut refléter, par exemple, l'état d'un éventuel dispositif de retenue ou du pont niveleur, ainsi qu'un état de contournement.

7.2.3 Détection

7.2.3.1 État du transbordement

- La signalisation doit refléter clairement l'état du transbordement (transbordement débuté, transbordement terminé, départ du camion permis). Pour cela, il est souhaitable que le dispositif de signalisation reflète l'état du pont niveleur.
- Si cela ne peut pas être réalisé automatiquement, un mode manuel doit être prévu.

7.2.3.2 Danger

- Il est souhaitable que la signalisation puisse indiquer un danger imminent avec la détection d'une des situations suivantes:
  - La chute de la lèvre du pont niveleur;
  - L'avancement du camion (ou de la barre anti-encastrement);
  - Une pression excessive sur un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement[14];
  - Une pression excessive sur une cale[15].

7.3 Considérations d'implantation

7.3.1 Objectifs spécifiques

a) Former les caristes au code de signalisation et au fonctionnement du système.
b) Informer les camionneurs sur le code de signalisation.
c) Installer et positionner correctement les dispositifs de signalisation.

7.3.2 Positionnement des indicateurs extérieurs

- Les indicateurs doivent être installés à gauche du camion (le camionneur doit la voir dans son miroir gauche). Note : L'idéal serait que la signalisation soit placée directement devant le camion (drapeau[16] ou lumière). Cependant ceci n'est pas toujours possible.
- Si la lumière est directionnelle, elle devrait être orientée vers le miroir du tracteur.

[14,15] Cette pression excessive est exercée tout juste avant un départ inopiné, il est tout de même possible que le dispositif retienne le camion, mais les probabilités de départ inopiné sont néanmoins présentes.

[16] Le drapeau fait référence à une mesure de signalisation où deux drapeaux, un devant le tracteur, l'autre devant l'entrée de la semi-remorque se positionnent grâce à un système de poulies. I.e. lorsque le drapeau à l'intérieur de l'usine est relevé, celui devant le tracteur s'abaisse automatiquement et vice-versa.

7.3.3 Visibilité

- Un effort doit être fait pour que la lumière soit toujours visible. Si le soleil peut frapper directement dans les indicateurs lumineux alors leur contraste peut devenir très réduit. Des pare-soleil doivent alors être utilisés.

7.3.4 Panneaux de signalisation

- Lorsque le code de couleur est plus complexe que rouge fixe et vert fixe, est préférable d'installer des panneaux visibles par le camionneur (lorsqu'il est dans son camion) l'informant de la signification des lumières et des actions à prendre.
- Le ou les panneaux doivent être rédigés dans la ou les langues normalement comprises par les camionneurs qui se présentent au quai.

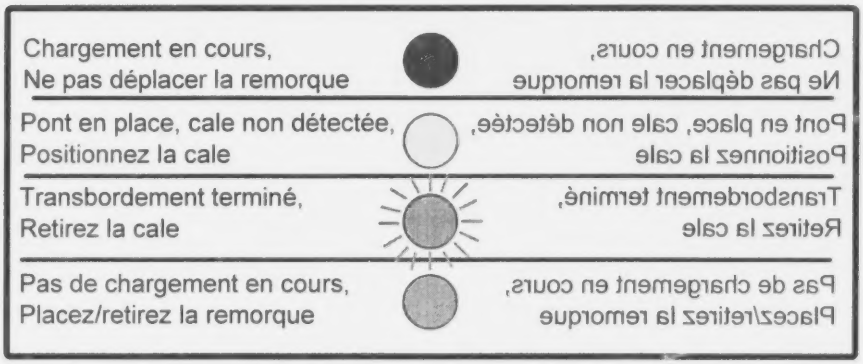


Figure 15: Exemple de panneau de signalisation

7.3.5 Formation

- La formation des caristes est essentielle à l'efficacité de la mesure. Le cariste doit connaître la signalisation et savoir comment réagir en fonction du message transmis par le système.

7.4 Considérations procédurales

7.4.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure établissant les modes opératoires pour les systèmes manuels.
b) Définir des mesures permettant d'assurer la fiabilité du système.
c) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

7.4.2 Changement d'état (signalisation manuelle seulement)

- Dans le cas d'une signalisation manuelle, le cariste doit changer la signalisation en mode transbordement (extérieur rouge, intérieur vert) dès qu'il installe le pont niveleur.
- Le cariste met la signalisation en mode «départ camion autorisé» après avoir retiré le pont niveleur.

7.4.3 Maintenance

- Un programme de maintenance périodique doit être instauré pour vérifier l'état du système d'indicateurs lumineux. Dans le cas d'un système avec ampoules simples, la maintenance devrait être plus fréquente que pour des ampoules à LED. Quant au système de capteurs il devrait être testé périodiquement.

7.4.4 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire elle doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

8 LES ALARMES SONORES

8.1 Description et objectif général

L'alarme sonore est un dispositif destiné à prévenir d'un danger en émettant un signal sonore. L'alarme dont il est question ici retentit lorsqu'une situation dangereuse et imminente a été détectée.

L'objectif de l'alarme sonore est d'avertir le camionneur et le cariste d'une situation dangereuse et imminente et d'arrêter les activités avant qu'un accident ne se produise.

Certains modèles de dispositifs possèdent un indicateur sonore qui retentit pour signaler l'état du dispositif et non pour signaler une situation dangereuse. Cette fonction n'est pas considérée comme une mesure de retenue.

8.2 Considérations physiques

8.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'un système fiable capable de détecter les situations dangereuses.
b) Disposer d'une alarme distincte ne pouvant être confondue avec une autre et pouvant être entendue par le cariste et le camionneur.

8.2.2 Détection

- Le système de détection et son alarme associée doivent signaler une des situations dangereuses suivantes :
  - La chute de la lèvre du pont niveleur;
  - L'avancement du camion ou de la barre anti-encastrement au-delà d'une position sécuritaire (en fonction de la longueur de la lèvre du pont niveleur);
  - Une pression excessive sur un dispositif de retenue de la barre anti-encastrement;
  - Une pression excessive sur une cale;
  - Le retrait inopiné d'une cale ou d'une cale à détection de positionnement et plaque de retenue.

8.2.3 Alarme

- L'alarme doit être d'une intensité assez forte pour être entendue par le cariste et le camionneur.
- L'alarme doit avoir une sonorité distincte des autres alarmes pouvant retentir dans l'usine.
- L'alarme doit avoir une tonalité signifiant clairement la présence d'un danger.

8.3 Considérations d'implantation

8.3.1 Objectifs spécifiques

a) Informer les caristes et les camionneurs de la signification de l'alarme et des mesures à prendre en cas d'alarme.

8.3.2 Formation des caristes

- Les caristes doivent être au fait de l'alarme, de ce qu'elle représente et de ce qu'ils doivent faire lorsqu'elle retentit.

8.3.3 Information des camionneurs

- Les camionneurs doivent savoir comment réagir s'ils entendent l'alarme.
- Une courte formation pour les gareurs ou les camionneurs familiers est souhaitable.
- Des affiches visibles par le camionneur doivent indiquer quoi faire si l'alarme retentit.

8.4 Considérations procédurales

8.4.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer d'un système fiable et fonctionnel.
b) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

8.4.2 Maintenance

- Une maintenance, incluant des tests de bon fonctionnement doit être effectuée périodiquement.

8.4.3 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire il doit les former ou les informer selon le cas. Entre autres, les intervenants doivent savoir interpréter correctement le signal d'alarme et prendre les actions adéquates.
- Une attention particulière doit être apportée aux nouveaux intervenants. Ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

9 LES PROCÉDURES DE RETENUE DES CLEFS

9.1 Description et objectif général

La procédure de retenue des clefs consiste à exiger du camionneur qu'il remette les clefs du camion à un responsable (cariste ou autre) qui les conservera jusqu'à la fin des activités de transbordement.

Cette mesure n'est évidemment applicable que lorsque le tracteur reste attelé à la semi-remorque ou qu'un camion-fourgon surélevé est utilisé.

L'objectif de cette mesure est de réduire les probabilités d'occurrence d'un départ inopiné en s'assurant que le camionneur ne puisse quitter le quai avec son camion.

9.2 Considérations physiques

9.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer d'un moyen matériel permettant de conserver les clefs.

9.2.2 Moyen matériel pour la gestion les clefs

Un moyen matériel permettant de conserver les clefs hors de la portée des camionneurs durant toute la durée du transbordement doit être prévu. Par exemple, il peut s'agir d'un panneau avec crochets identifiés ou d'un crochet sur chaque porte de quai.

9.3 Considérations d'implantation

9.3.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer que les intervenants concernés connaissent, comprennent et appliquent la procédure.

9.3.2 Formation et information des personnes concernées

- Les intervenants doivent être formés ou informés de la procédure à l'aide d'affiche et/ou de documents écrits.

9.4 Considérations procédurales

9.4.1 Objectifs spécifiques

a) S'assurer que les clefs sont remises avant le début du transbordement.
b) S'assurer que les clefs sont retournées à leur propriétaire seulement une fois que le transbordement est complété.
c) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

9.4.2 Prise des clefs

- Une fois le camion positionné, le camionneur remet ses clefs à la personne désignée (cariste ou coordonnateur). Cette dernière s'assure que le tracteur est effectivement attelé à la semi-remorque (dans le cas d'un camion semi-remorque) et place les clefs à l'endroit prévu par la procédure.

9.4.3 Début du transbordement

- Une fois que les clefs ont été remises à la personne désignée, celle-ci peut autoriser le début des activités de transbordement. À tout moment, pendant le transbordement, cette personne doit pouvoir s'assurer que les clefs sont toujours à l'endroit prévu.

9.4.4 Remise des clefs

- Une fois qu'elle s'est assurée que le transbordement est bel et bien complété, la personne désignée peut remettre les clefs au camionneur.

9.4.5 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire il doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants. Ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

10 LES PROCÉDURES DE RELATION ENTRE LE POIDS DU CHARIOT ET LA LONGUEUR DE LA SEMI-REMORQUE

10.1 Description et objectif général

La procédure basée sur la relation entre le poids du chariot et la longueur de la semi-remorque consiste à diminuer l'effet des paramètres qui augmentent le danger de basculement (lorsque ce danger est présent).

Cette mesure est toutefois nettement moins efficace que les procédures de tracteur attelé ou l'utilisation des chandelles de support.

L'objectif de cette procédure est de diminuer le danger de basculement lorsque la semi-remorque utilisée est courte et que les charges sont lourdes en utilisant un chariot plus léger et en réduisant le poids des charges transbordées.

10.2 Considérations d'implantation

10.2.1 Objectifs spécifiques

a) Former toutes les personnes ayant un rôle à jouer dans la procédure.

10.2.2 Formation

- Les gens ayant une fonction à jouer dans la procédure doivent être formés conformément à leurs tâches respectives.

10.3 Considérations procédurales

10.3.1 Objectifs spécifiques

a) Définir une procédure permettant aux caristes d'identifier les situations à risque.
b) Définir une procédure permettant aux caristes de réduire le danger de basculement.
c) S'assurer que les personnes concernées connaissent et appliquent la procédure.

10.3.2 Évaluation du risque[17]

La procédure n'est utile que s'il y a une possibilité de basculement. Dans le but de gagner du temps il est possible de n'utiliser la procédure que lorsque le risque est présent.

1. Si un tracteur est attelé à la semi-remorque, le danger est éliminé et la chandelle est inutile
2. Si la semi-remorque mesure 48 pieds ou plus, le danger de basculement est faible si la masse du chariot qui circule dans la semi-remorque combinée à sa charge maximale est inférieure à 8 500 kg (18 700 lbs).
3. Si la semi-remorque est plus petite que 48 pieds alors le danger de basculement est important, surtout si la masse du chariot qui circule dans la semi-remorque combinée à sa charge maximale est égale ou supérieure à 8 500 kg (18 700 lbs).

- **Note importante**: Il y aura toujours un danger de basculement pour une semi-remorque de 32 pieds non attelée à son tracteur et ce, peu importe la masse du chariot utilisé. Les seul

[17] Le tableau1 de la page 35 peut également être utilisé, il est simplement décrit ici de façon textuelle.

moyens de réduire ce danger est d'utiliser la mesure «positionnement d'une chandelle» ou la mesure «tracteur attelé» ou d'éviter de dépasser le niveau des béquilles avec les roues avant du chariot-élévateur (cette dernière approche est non-recommandée).

10.3.3 Réduction du risque

- Les mesures suivantes doivent être appliquées pour réduire le risque de basculement :
  - Utiliser un chariot moins lourd et réduire la charge qu'il transporte;
  - Réduire la vitesse du chariot élévateur (à la vitesse d'une marche lente d'un piéton);
  - Éviter de dépasser le niveau des béquilles dans la semi-remorque avec les roues avant du chariot-élévateur.

10.3.4 Assurance de sécurité (si une méthode est appliquée)

- Si une semi-remorque a été jugée dangereuse et qu'un autre cariste pourrait être tenté d'y accéder (travail en co-activité), cette semi-remorque devra être clairement identifiée comme dangereuse. Cette identification devra être claire et facilement reconnaissable par les autres caristes (par exemple, en mettant un cône devant l'entrée de la semi-remorque).

10.3.5 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures. Pour ce faire il doit les former ou les informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

11 LES PROCÉDURES DE COMMUNICATION

11.1 Description et objectif général

Une procédure de communication vise à formaliser la façon de communiquer le signal du départ au camionneur. L'objectif de cette procédure est donc d'éviter un départ inopiné qui serait causé par une erreur de communication.

La procédure de communication doit posséder les caractéristiques suivantes :

- La procédure doit être écrite et lue par le ou les caristes
- La procédure doit être disponible en tout temps pour les caristes
- Les caristes doivent savoir où elle se trouve et connaître son contenu

11.2 Considérations physiques

11.2.1 Objectifs spécifiques

a) Disposer des outils de communication nécessaires à la mise en œuvre de la procédure.

11.2.2 Affiche et documents informant de la procédure.

- La procédure devrait être clairement définie dans un document écrit qui sera remis à toutes les personnes concernées : camionneurs, caristes, coordonnateurs, superviseurs, etc.
- Les aspects les plus importants de la procédure doivent également être résumés dans une ou des affiches placées aux endroits stratégiques.

11.3 Considérations d'implantation

11.3.1 Objectifs spécifiques

a) Élaborer une procédure en fonction du contexte du quai.
b) Former les gens concernés.
c) S'assurer de la connaissance et de l'application de la procédure par les gens concernés.

11.3.2 Élaboration et mise en œuvre de la procédure

- Idéalement, cette procédure devrait s'inscrire dans un protocole de sécurité établi entre l'établissement et les transporteurs et découler d'une évaluation des risques spécifiques au quai et tenir compte des contraintes de mise en œuvre.
- Les procédures devraient être disponibles sous forme de documents écrits, dans les principales langues utilisées par les camionneurs et être faciles à comprendre (les illustrations sont à privilégier).
- Les modalités de diffusion (y compris pour les mises à jour) devraient être prévues et respectées.
- Tout camionneur se présentant au quai devrait avoir une copie des procédures, en prendre connaissance, s'assurer de bien les comprendre et, si nécessaire obtenir des éclaircissements de la part des responsables.
- Les principaux éléments des procédures (surtout ceux s'adressant aux camionneurs) doivent être affichés aux endroits stratégiques.
- Les procédures devraient prévoir les cas « d'exception » (incidents de toutes sortes)

- Toutes les personnes susceptibles de travailler sur ou à proximité d'un quai de transbordement ainsi que celles susceptibles de communiquer des informations aux camionneurs devraient recevoir une séance d'information et de sensibilisation aux dangers et aux moyens de prévention ainsi qu'aux modalités de communication en vigueur dans l'établissement.
- Les responsables du respect des procédures doivent être clairement identifiés.

11.3.3 Canaux de communication

- Les responsabilités et modalités de communication doivent être clairement définies, notamment :
  - ❑ À qui le camionneur se rapporte et indique que le camion est prêt pour le chargement.
  - ❑ De qui le camionneur doit recevoir l'autorisation de départ.
  - ❑ De qui le cariste doit recevoir le O.K. pour commencer le transbordement.
  - ❑ À qui le cariste indique que le transbordement est terminé.
  - ❑ Comment les autres caristes sont informés que le signal de départ a été donné.

11.4 Considérations procédurales

11.4.1 Objectifs spécifiques

a) Que les activités reliées au transbordement ne débutent qu'une fois le camion définitivement positionné au quai.
b) Qu'à la fin du transbordement le camionneur reçoive une autorisation verbale ou écrite (signal ou O.K. de départ) claire, sans possibilité de confusion aucune, et ce seulement lorsque les activités sont définitivement terminées et que tous les caristes concernés ont été informés.
c) Que le camionneur ne puisse confondre le quai pour lequel il a reçu une autorisation de départ.
d) Que le camionneur ne démarre pas tant qu'il n'a pas reçu une autorisation de départ.
e) Lorsqu'il y a présence de signalisation ou de dispositifs de retenue et que leur état n'est pas conforme à l'autorisation de transborder ou de quitter (pour le camionneur), que les activités cessent immédiatement et que des vérifications soient entreprises.
f) Que, sous aucune considération, les caristes sachant qu'un camionneur a reçu une autorisation de départ ne pénètrent dans cette semi-remorque (donc pas de O.K. différé).

11.4.2 Positionnement de la semi-remorque

- L'objectif ici est de s'assurer que les activités de transbordement ne débutent qu'une fois le camion définitivement positionné et sécurisée par un dispositif de retenue (si requis).
- Lorsque le camionneur a terminé de positionner son camion, il doit en informer le responsable du transbordement[18] en spécifiant clairement le numéro de quai ou de porte.
- Le responsable du transbordement s'assure que toutes les mesures de retenue prévues ont été mises en place par le camionneur.
- Le responsable du transbordement informe le cariste responsable et éventuellement les autres caristes concernés qu'ils peuvent débuter les opérations.

[18] Dans bien des cas, ce responsable sera le cariste lui-même.

11.4.3 Début du transbordement

- Le cariste responsable s'assure que les mesures de retenue prévues dans la procédure sont bien en place (dispositif, signalisation, etc.).
- Le cariste informe le responsable de toutes défaillances et s'assure que les mesures de contournement sont mises en place si elles doivent l'être.

11.4.4 Activités de transbordement

- Durant le transbordement, le ou les caristes doivent s'assurer en continue de la sécurité des activités en vérifiant l'état de la signalisation, lorsque présente.
- Dès que la signalisation ou tout autre indicateur change d'état, le ou les caristes doivent interrompre les activités et faire les vérifications qui s'imposent.

11.4.5 Fin du transbordement

- À la fin du transbordement, le cariste responsable modifie l'état des mesures de retenue, informe les autres caristes susceptibles de pénétrer dans la semi-remorque que l'autorisation de départ est donnée et informe le responsable du transbordement qu'il peut donner cette autorisation au camionneur.
- Le responsable du transbordement donne l'autorisation de départ au camionneur en indiquant clairement le numéro du quai (éventuellement par écrit, sur le bordereau de chargement par exemple).
- Le responsable du transbordement rappelle au camionneur de prendre toutes les actions qui sont de sa responsabilité (enlever une cale par exemple).
- Le camionneur s'assure que l'état des mesures de retenue en place confirme l'autorisation de départ (la signalisation est bien au vert, le dispositif de retenue de la barre anti-encastrement a été enlevé, par exemple).

11.4.6 Connaissance et application des procédures

- L'établissement doit s'assurer que les intervenants connaissent et respectent les procédures, pour ce faire elle doit les former ou informer selon le cas.
- Une attention particulière devra être apportée aux nouveaux intervenants, ceux-ci doivent être formés ou informés dès leur arrivée.

12 DÉFINITIONS

Camions
Dans ce document le terme camion est utilisé pour désigner à la fois l'ensemble camion semi-remorque et le camion-fourgon surélevé.

Semi-remorques
Remorque routière dont la partie antérieure sans roues est dotée d'une contre-sellette comportant un pivot d'attelage et de béquilles qui servent de point d'appui lorsque le véhicule est dételé.

Camion-fourgon surélevé
Véhicule-fourgon surélevé, avec ou sans marchepied, s'ouvrant par l'arrière à l'aide d'une ou deux portes et offrant un accès intérieur debout. Souvent appelé fautivement «camion boîte» ou «van».

Crochet
Dans ce document le terme crochet fait référence à la pièce qui entre en contact avec la barre anti-encastrement de la semi-remorque et qui essai de retenir cette barre accrochée.

Barre anti-encastrement
Barre se retrouvant à l'arrière des semi-remorques et ayant pour but principal de prévenir l'engouffrement d'une voiture sous la semi-remorque lors d'un accident. Aussi appelée «barre ICC», «RIG» *Rear Impact Guard* ou «*Bumper*».

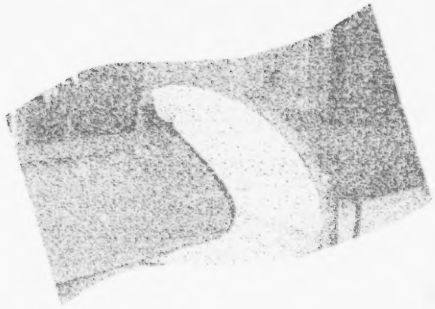
Tracteur
La partie motrice de l'ensemble camion semi-remorque, dont le but est de déplacer les semi-remorques.

Pied du quai
Le pied du quai désigne une zone à l'extérieur (en bas) du quai et qui s'étend sur quelques mètres. C'est la zone ou sont généralement placées les cales.

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

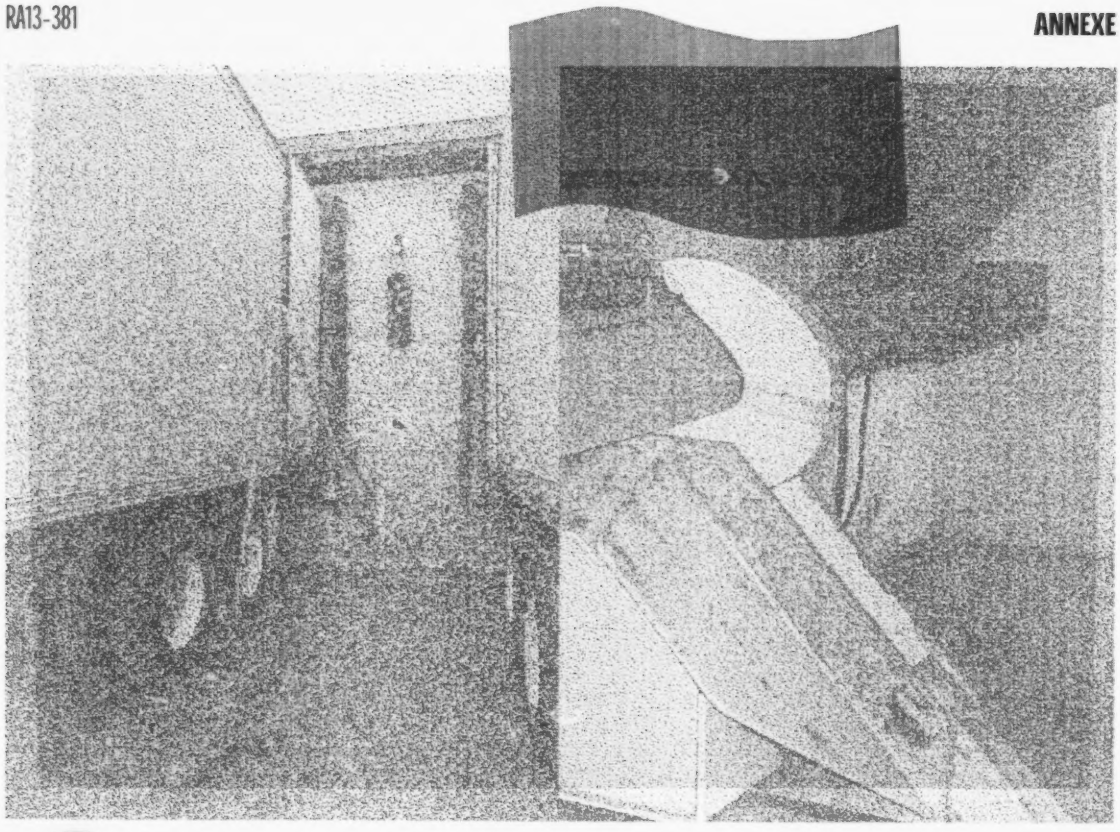
Validation de l'outil d'évaluation



François Gauthier
Laurent Giraud
Réal Bourbonnière
Sylvain Bournival
Jean-Guy Richard
Renaud Daigle
Serge Massé

RA13-381

ANNEXE



irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES
travaillent pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Développement d'un outil d'évaluation des mesures de retenue des camions aux quais de transbordement

Validation de l'outil d'évaluation

François Gauthier, ing.[1], Laurent Giraud, ing. stag.[2], Réal Bourbonnière, ing.[2],
Sylvain Bournival, ing. jr[1], Jean-Guy Richard, docteur-ingénieur[3], Renaud Daigle, tech.[2] et Serge Massé, ing.[2]

[1]Département de génie industriel, École d'ingénierie, UQTR,
[2]Sécurité-ingénierie, IRSST
[3]Sécurité-ergonomie, IRSST

ANNEXE M

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

La présente annexe résume les étapes de la phase de validation de l'outil. Pour réaliser cette validation, douze visites ont été effectuées dans autant d'établissements. Dans chaque établissement, le questionnaire d'évaluation contextuelle a été rempli et une liste des accidents et incidents rapportés par l'établissement a été dressée. L'outil d'évaluation de la sécurité a alors été utilisé à partir du questionnaire, les résultats obtenus ont été évalués puis, au besoin, des modifications ont été apportées. Les tableaux des pages suivantes donnent les résultats de l'outil. Trois séries de chiffres sont utilisées :

1. la première, en noir, donne les résultats de l'outil original;
2. la deuxième série en **bleu gras** donne les résultats de la première phase de modification;
3. la troisième série en *vert italique* donne les résultats de la deuxième phase de modification.

Les explications et les commentaires des modifications suivent les tableaux. Certains établissements ont été scindés en deux lorsque plus d'une mesure de retenue a été utilisée au cours de leur histoire. Nous avons traité respectivement le départ inopiné, puis le glissement et finalement le basculement.

La validation s'est déroulée en deux phases, tout d'abord l'outil a été réalisé pour les douze visites de validation, puis les résultats (en noir) ont été comparés au nombre d'incidents et d'accidents et ont été soumis au jugement des membres de l'équipe de recherche. Des modifications ont alors été apportées pour que l'outil corresponde plus à la réalité, cette nouvelle version de l'outil s'appelle la phase 1. Les douze visites de validation ont alors été repassées dans cette nouvelle version de l'outil et les résultats (**en bleu gras**) ont également été évalués et jugés. Quelques modifications supplémentaires ont alors été rajoutées. Une fois ces modifications prises en compte dans l'outil, les douze visites de validation ont une fois de plus repassés dans l'outil. Cette fois cependant, les résultats (*en vert italique*) étaient satisfaisants et la version finale était atteinte. Le détail des modifications est visible à la fin de cette annexe.

Note : Dans le but d'alléger le texte, le terme « barre ICC » sera utilisé pour désigner les barres anti-encastrement.

Note 2 : Le nom des établissements a été remplacé par des numéros dans le but de préserver l'anonymat.

Départ inopiné

Le tableau 1 donne les réponses obtenues aux questions relatives à l'événement dangereux de départ inopiné.

Tableau 1 : Résumé du risque de départ inopiné

Établissement		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
6	Nombre de portes sur ce quai	3	2	3	3	2	3	1	3	1	2	4	2
7	Numérotation des portes	4	4	3	0	4	0	4	2	4	4	4	4
18	Nombre remorques transbordées durant la période la plus achalandée	3	2	4	4	4	4	4	4	0	2	4	3
19	Nombre de chariot transbordant simultanément un même camion (co-activité)	2	3	3	2	2	4	2	0	4	3	4	4
22	Personnes chargées de déplacer les remorques	1	4	0	4	1	2	3	4	3	3	4	2
23	Proportion des camionneurs reprenant la même remorque	4	0	0	4	3	4	2	4	4	4	4	3
24	Gestion des camionneurs durant le transbordement	3	4	2	4	4	2	3	4	3	3	4	2
25	Rôle du répartiteur, coordonnateur, planificateur ou contremaître	3	2	2	2	4	4	2	1	2	4	4	3
26	Autorisation de départ différée	4	2	3	4	4	4	3	3	4	4	4	2
27	Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	1	3	3	2	4	4	4	2	3	3	2	3
28	Qualité des règles et procédures pour les activités au quai	1	2	2	0	3	4	2	0	4	2	1	1
29	Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	3	3	2	3	3	4	4	2	2	3	2	3
30	Respect des règles et procédures par les camionneurs qui se présentent au quai	3	3	3	2	3	3	3	4	2	3	3	3

Le tableau 2 résume les niveaux de sécurité obtenus et leurs évolutions lors des modifications de l'outil.

Tableau 2 : Évolutions des niveaux de sécurité lors des modifications de l'outil

Établissement	Événement	Cote brute	Mesure #1	Apport	Mesure #2	Apport	Mesure #3	Apport	Mesure #4	Apport	Cote finale	Perception	Commentaires
#1	0	2.5 **2.69** *2.69*	Proc. comm	0.4 **0.6** *0.6*						-	2.9 **3.29** *3.29*		**Question 24...**
#2	1	2.5 **2.62** *2.62*	Signal.	1 1 *0.5*							3.5 **3.62** *3.12*		**Question 24...**
#2	0	2.5 **2.62** 2.62	Cale plaque	0.4 **0.4** *0.4*	Signali sation	1 **1** *0.5*	Alarme	0.9 **0.9** *0.9*			4.8 **4.92** *4.42*		
#3	0	2.2 **2.31** *2.31*	Signalisat ion	0.7 **0.7** *0.4*	Proc. comm.	0.3 **0.5** *0.5*					3.2 **3.51** *3.16*		**Question 24...**
#4	0	2.4 **2.62** *2.62*									2.4 **2.62** *2.62*		**Question 24...**
#5	0	3.2 **3.15** *3.15*									3.2 **3.15** *3.15*		Avant l'installation des dispositifs

#5	0	3.2 **3.15** *3.15*	Dispositif ICC	1 **1** *0.45*	Signalisation	0.9 **0.9** *0.9*					5.1 **5.05** *4.60*		Depuis qu'ils ont installé le dispositif ICC (et ses lumières)
#6	1*	3.4 **3.23** *3.23*	Dispositif ICC	1 **1** *1*	Cales manuelles	0.7 **0** *0*	Signalisation	1 **1** *0.5*	Procédure comm.	0.6 **0.6** *0.6*	6.7 **5.83** *4.73*		On admet souvent perdre des cales. Donc peut-être pas toujours utilisées... L'incident est une barre ICC arrachée, le transbordement était terminé, c'est qu'on a oublié de retirer le dispositif (ou on ne l'a pas fait à temps).
#7	2	2.7 **2.85** *2.85*	Cale manuelle	0.9 **0** *0*	Signalisation	1 **1** *0.5*					4.6 **3.85** *3.35*		Les 2 incidents en 9 mois!!! **Question 24**
#7	2*	2.7 **2.85** *2.85*	Cale plaque	0.9 **0.9** *0.9*	Signalisation	1 **1** *0.5*	Alarme sonore	0.8 **0.8** *0.8*			5.4 **5.55** *5.05*		Les deux incidents sont des cales que l'on a oubliées de retirer, il n'y aurait pas eu de départ inopiné.
#8	2	2.5 **2.54** *2.54*	Dispositif ICC	0.5 **0.5** *0.5*	Cale manuelle	0.3 **0** *0*	Signalisation visuelle	0.8 **0.8** *0.4*			4.1 **3.84** *3.44*		Mesures souvent non utilisées, surtout en hiver pour le dispositif de retenue de la barre ICC. Ils affirment ne pas tenir compte de la lumière car elle est souvent défectueuse, la cote réelle se rapproche donc beaucoup plus de la cote de base que de la cote finale.
#9	1*	2.5 **2.77** *2.77*	Lumières	0.7 **0.7** *0.4*	Proc. comm.	0.3 **0.5** *0.5*	Reten. clefs	0 **?** *0.6*			3.5 **3.97** *4.22*		Mesure de cadenassage des boyaux non pris en compte Retenue des clefs pour les camionneurs externes. Voir la description de l'incident. **Question 24.**
#10	0	3.1 **3.08** *3.08*	Proc. comm.	*1*							3.1 **3.08** *4.08*		La cale à plaque n'est pas encore installée. *On a changé la définition de la procédure de communication*

#11	0	3.1 **3.38** *3.38*	Proc. comm.	0.5 **0.7** *0.7*							3.6 **4.08** *4.08*		**Question 24.**
#12	0[1]	2.5 **2.69** *2.69*	Dispositif ICC	0.4 **0.6** *0.6*	Signalisation	1 **1** *0.5*					3.9 **4.29** 3.79		**Question 24**

Incident de #9

Un petit camion-fourgon surélevé est arrivé pour chercher une cueillette (1 palette) qui avait déjà été chargée la veille ou 2 jours auparavant. Une fois le pont mis et la porte ouverte, la personne sur le quai s'est aperçue de l'erreur et en a avisé le chauffeur. Ce dernier est ensuite parti tellement vite qu'il n'a ni enlevé le pont ni fermé la porte. Résultat : le pont est tombé lors du départ du camion et la porte du quai est restée ouverte (entrepôt frigorifique). Pas d'information pour savoir si les clés du camion avaient été mises sur la porte tel que mentionné dans la procédure...

[1] Incident : le cariste a oublié de mettre le pont niveleur et il a coincé les roues avant du chariot dans l'interstice entre le quai et le camion. La seule chose que l'on peut tirer de cet incident est qu'il n'a pas fait attention à la signalisation...

Glissement

Tableau 3 : Résumé du risque de glissement

Le tableau 3 classe les réponses obtenues aux questions relatives au risque de glissement.

Établissement		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
1	Nature de la chaussée	1	4	4	3	4	4	2	4	4	3	4	2
2	État de la chaussée aux abords du quai (glace, neige, sable, débris)	1	1	0	3	3	2	4	0	3	2	4	0
3	État de la cour en hiver (déneigement)	1	1	2	2	3	2	4	2	2	2	4	2
4	Inclinaison de la cour	3	2	3	1	1	3	3	2	3	3	1	2
11	Longueur des remorques	0	4	3	3	3	3	0	3	4	3	4	3
12	Nature et état de la suspension des remorques durant le transbordement	4	1	2	4	4	4	3	4	4	3	3	2
13	Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement	3	0	0	2	1	4	1	0	1	0	4	2
14	Différence de hauteur entre le quai la remorque	4	4	2	4	4	4	4	3	4	3	3	4
15	Longueur d'appui de la bavette du pont niveleur	2	2	3	2	3	3	4	2	2	3	4	2
16	Masse combinée du chariot et de la charge transportée	3	2	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4
17	Vitesse de circulation des chariots a l'entrée ou la sortie des remorques	4	3	4	4	1	4	4	2	4	1	3	3
27	Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	1	3	3	2	4	4	4	2	3	3	2	3
29	Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	3	3	2	3	3	4	4	2	2	3	2	3

Le tableau 4 résume les niveaux de sécurité obtenus et leurs évolutions lors des modifications de l'outil.

Tableau 4 : Évolutions des niveaux de sécurité lors des modifications de l'outil

Établissement	Événement	Cote brute	Mesure #1	Apport	Mesure #2	Apport	Mesure #3	Apport	Mesure #4	Apport	Cote finale	Perception	Commentaires
#1	0	2.3 **2.31** *2.31*	Tracteur attelé	1 **3** *3*							3.3 **5.31** *5.31*		
#2	0	2.3 **2.31** *2.31*	Cale plaque	1.2 **1.2** *1.2*	Alarme sonore	0.9 **0.9** *0.9*					4.4 **4.41** *4.41*		
#3	1	2.5 **2.46** *2.46*									2.5 **2.46** *2.46*		Une semi-remorque sans freins a avancé en été... Il n'y avait pas de cales à l'époque (plus maintenant non plus...)
#4	0	2.8 **2.85** *2.85*									2.8 **2.85** *2.85*		
#5	∞	2.9 **2.92** *2.92*									2.9 **2.92** *2.92*		Avant l'installation des dispositifs Glissements très faibles, la lèvre du pont n'est jamais tombée, mais on demandait parfois de reculer la semi-remorque
#5	0	2.9 **2.92** *5.92*	Dispositif ICC	3 **3** *3*							5.9 **5.92** *5.92*		Depuis qu'ils ont installé le dispositif ICC (et ses lumières)

#6	0	3.5 **3.46** *3.46*	Dispositif ICC	3 **3** *3*	Cales manuelle	2.1 **0.35** 0.35	Tracteur attelé	1 **3** *3*			9.6 **9.81** *9.81*		On admet souvent perdre des cales. Donc elles ne sont peut-être pas toujours utilisées… Un incident sur un train double a été retiré de l'étude (hors contexte).
#7	0	3.2 **3.15** *3.15*	Cale manuelle	2.7 **0.45** *0.45*							5.9 **3.6** *3.6*		
#7	0	3.2 **3.15** *3.15*	Cale plaque	2.7 **2.7** *2.7*	Alarme sonore	0.8 **0.8** *0.8*					6.7 **6.65** *6.65*		
#8	∞	2.1 **2.08** *2.08*	Dispositif ICC	1.5 **1.5** *1.5*	Cale manuelle	0.9 **0.2** *0.2*					4.5 **3.73** *3.73*		Mesures souvent non utilisé, surtout en hiver pour le dispositif de retenue de la barre ICC. La cote réelle se rapproche donc beaucoup plus de la cote de base que de la cote finale.
#9	0	3.1 **3.08** *3.08*									3.1 **3.08** *3.08*		
#10	2-3	2.5 **2.54** *2.54*									2.5 **2.54** *2.54*		Glissement en hiver (glace, suspension à air non neutralisée, pas de tracteur). La lèvre n'est pas tombée. Une cale avec plaque est envisagée, mais elle n'est pas encore achetée
#11	1*	3.2 **3.23** *3.23*	Tracteur attelé	1 **3** *3*							4.2 **6.23** *6.23*		Un tracteur n'avait pas de freins engagés, il y a eu un glissement de quelques pouces.
#12	0	2.5 **2.46** *2.46*	Dispositif ICC	1.2 **1.8** *1.8*							3.7 **4.26** *4.26*		

Basculement

Le tableau 5 donne les réponses obtenues aux questions relatives au risque de basculement.

Tableau 5 : Résumé du risque de basculement

Établissement		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
4	Inclinaison de la cour	3	2	3	1	1	3	3	2	3	3	1	2
11	Longueur des remorques	0	4	3	3	3	3	0	3	4	3	4	3
13	Présence ou absence des tracteurs lors du transbordement	3	0	0	2	1	4	1	0	1	0	4	2
16	Masse combinée du chariot et de la charge transportée	3	2	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4
17	Vitesse de circulation des chariots a l'entrée ou la sortie des remorques	4	3	4	4	1	4	4	2	4	1	3	3
27	Niveau de formation et d'expérience des caristes affectés au quai	1	3	3	2	4	4	4	2	3	3	2	3
29	Respect des règles et procédures par les employés de l'établissement pour les activités au quai	3	3	2	3	3	4	4	2	2	3	2	3

Le tableau 6 résume les niveaux de sécurité obtenus et leurs évolutions lors des modifications de l'outil.

Tableau 6 : Évolutions des niveaux de sécurité lors des modifications de l'outil

Établissement	Événement	Cote brute	Mesure #1	Apport	Mesure #2	Apport	Mesure #3	Apport	Mesure #4	Apport	Cote finale	Perception	Commentaires
#1	0	2.4 **2.43** *4*	Tracteur attelé	3 **3** *3*							5.4 **5.43** *7*		Règle #0
#2	0	2.4 **2.43** *4*									2.4 **2.43** *4*		*Règle #1*
#3	0	2.7 **3** *4*									2.7 **3** *4*		**Règle #3 s'applique** *Règle #3*
#4	0	2.7 **3** *4*									2.7 **3** *4*		**Règle #3** *Règle #3*
#5	0	2.4 **3** *4*									2.4 **3** *4*		Avant l'installation des dispositifs *Règle #3*

#5	1*	2.4 **3** *4*	Dispositif ICC	1 **1** *1*							3.4 **4**		L'incident relaté est l'affaissement d'une béquille. La cause de l'affaissement peut être due à une faiblesse de la béquille (hors de notre contrôle) ou due aux forces générées pendant un glissement. Le résultat a été un basculement latéral de la remorque. Le dispositif ICC a empêché le basculement total, i.e. l'accident a été évité! **Règle #3**
#6	0	4 **4** *4*	Dispositif ICC	1 **1** *1*	Tracteur attelé	3 **3** *3*					8 **8** *8*		Le 4 de base vient du fait que les tracteurs sont toujours là... Attention au dispositif ICC, s'il n'a pas de recouvrement il ne faut pas compter le +1... *Règle #3*
#7	1	2.9 **2.86** *3*									2.9 **2.86** *3*		Accident sur une pop remorque (30 pieds) *(le 3 n'est pas une règle, c'est la vraie cote)*
#7	0	2.9 **2.86** *3*	Chandelle	0.7 **2.1** *2.1*							3.6 **4.96** *5.1*		Les chandelles sont placées juste sur les pop remorques (remorques de 30 pieds)
#8	0	1.7 **3** *1.88*	Dispositif ICC	0.5 **0.5** *0.5*							2.2 **3.5** *2.38*		Mesures souvent non utilisé, surtout en hiver pour le dispositif de retenue de la barre ICC. La cote réelle se rapproche donc beaucoup plus de la cote de base que de la cote finale. Semi-remorques toutes très longues cependant. Attention, le dispositif ne peut rien faire contre le basculement... **Règle #3**
#9	0	3.0 **3** *4*									3.0 **3** *4*		**Règle #3 entre autres...** *Règle #1*

#10	0	2.4 **3** *4*									2.4 **3** *4*		**Règle #3 (et 2)** *Règle #3*
#11	0	4 **4** *4*	Dispositif ICC	Tracteur attelé 3 **3** *4*							7 **7** *7*		Règle #0, tracteur toujours attelé.
#12	0	2.9 **3** *4*		0.4 **0.6** *0.6*							3.3 **3.6** *4.6*		**Règles 2 et 3 s'appliquent.** Règle #3

La liste qui suit décrit les modifications principales ainsi que leur justification, les modifications de vocabulaire ou mineures ne sont pas décrites.

Modifications de la phase 1 :

- **Modifier l'évaluation du risque en y incluant des pondérations et/ou relations**

Il a été constaté que le basculement est en certaines occasions beaucoup moins important que ne le laisse présager le niveau de sécurité pour le basculement, et ce selon la valeur de certains paramètres comme la longueur de la semi-remorque et le poids du chariot. Trois règles de basculement ont alors été ajoutées à la première (il existait déjà la règle #0 lorsque les semi-remorques sont toujours attelées au tracteur, le niveau de sécurité est de 4). Ces trois règles sont les suivantes :

Règle basculement #1: si longueur semi-remorque = 4, alors cote basculement = 3 ou +;
Règle basculement #2: si poids chariot = 4, alors cote basculement = 2.5 ou + (sur une semi-remorque de 32 pieds il y a quand même une possibilité de basculement avec un chariot léger);
Règle basculement #3: si longueur >=3 et poids chariot >=3; alors cote basculement = 3 ou +

Justification :
En s'appuyant sur la modélisation sur le basculement, les paramètres de longueur de la semi-remorque et du poids du chariot ont une importance capitale lorsqu'ils sont très avantageux (cote de 4 sur la question correspondante). Dans ces cas précis, la moyenne des questions portant sur le basculement n'est pas fidèle à la réalité.

- **Question sur la gestion des camionneurs [24]**

La question 24 a été reformulée après une longue discussion.

Justification :

Cette question cherche à savoir si les camionneurs sont sous contrôle pendant le transbordement. S'ils ne le sont pas, ils peuvent désactiver un dispositif de retenue ou décider de partir (en inspectant l'intérieur de leur camion). La question originale pouvait porter à confusion.

- **Numérotation des portes (question 7) : être plus précis sur ce qu'est une bonne numérotation, quoi faire avec 2 ou 3 portes, relation avec nombre de portes.**

À la question 7, une notice a été ajoutée dans les cas où le quai ne comporte que quelques portes.

Justification :
Ceci fait suite à la question : Peut-il vraiment y avoir confusion sur les portes non identifiées lorsqu'il n'y en a qu'une ou deux, car elles peuvent être identifiées autrement (i.e. porte du fond)? Effectivement, lorsqu'il y a très peu de portes, elles peuvent être identifiées sans utiliser d'identification numérique.

- **Efficacité d'une cale pour la retenue : placer [0,0.5,0] (Grille)**

L'efficacité des cales a été diminuée de [1, 3, 0] à [0, 0.5, 0] (respectivement pour le départ inopiné, pour le glissement et pour le basculement).

Justification :
Après les résultats des essais sur les cales et en tenant compte du fait que les cales sont retirées par le camionneur avant que celui-ci ne quitte (dans le cas d'un départ inopiné), l'efficacité des cales a été grandement réduite.

- **Chandelles, mettre 3 contre basculement**

La cote d'amélioration maximale des chandelles contre le basculement est passé de 1 à 3.

Justification :
Compte tenu des autres facteurs qui définisse l'efficacité réelle de la mesure, on doit considérer que la mesure, si elle est effectivement appliquée selon les règles de l'art, permettra de réduire substantiellement le risque de basculement.

- **Glissement vs présence du tracteur, mettre 3 (Grille)**

La cote d'amélioration maximale théorique du tracteur contre le glissement a été modifiée de 1 à 3.

Justification :
Après les essais sur les cales, il a été réalisé que la présence du tracteur attelé annulait presque complètement les chances de glissement de la semi-remorque. La cote a donc été améliorée pour refléter ces résultats.

- **Longueur d'appui de la lèvre (question 15), préciser comment on prend la mesure (distance sur le plancher, longueur qui juxtapose le plancher, mettre une photo)**

Une notice a été rajoutée au questionnaire sur la méthode pour calculer la longueur d'appui de la lèvre du pont niveleur.

Justification :
Lors des visites de validation, l'équipe de recherche s'est aperçue que cette question portait à confusion, des clarifications ont été apportées.

Modifications de la phase 2 :

- **Changement du barème d'évaluation de la sécurité**

La première modification importante est le changement du barème de sécurité, à l'origine il était :

- Niveau de sécurité inférieur à 2 = sécurité insuffisante, intervention immédiate requise
- Niveau de sécurité entre 2 et 3 = sécurité moyenne, modifications préférables
- Niveau de sécurité supérieur à 3 = sécurité acceptable, modification non requises.

En mettant en relief le nombre d'incidents et d'accidents avec les cotes obtenues l'équipe a décidé de modifier le barème pour celui-ci :

- Niveau de sécurité inférieur à 3 = sécurité insuffisante, intervention immédiate requise

- Niveau de sécurité entre 3 et 4 = sécurité moyenne, modifications préférables
- Niveau de sécurité supérieur à 4 = sécurité acceptable, modification non requises.

Justification :
La sécurité a été jugée surévaluée dans la majorité des cas, là où le barème initial affirmait que des modifications n'étaient pas nécessaires, l'équipe de recherche croyait vraiment que des modifications étaient à envisager sérieusement (il y avait des accidents et incidents). Au lieu de modifier l'outil, c'est le barème du niveau de sécurité qui a été et corrigé.

- **Modification des règles du basculement**

Les quatre règles de la phase I ont été revues comme suit et la règle #2 a été abandonnée.

Règle basculement #0: si tracteur toujours présent, alors basculement = 4
Règle basculement #1: si longueur semi-remorque = 4, alors cote basculement = 4
Règle basculement #3: si longueur =3 et poids chariot =4, alors cote basculement = 4

Justification :
Les règles ont été réévaluées en fonction du nouveau barème. De plus, la longueur de la semi-remorque a été jugée suffisante pour valoir une cote de 4 si toutes les semi-remorques ont 53 pieds ou plus. La modélisation sur le basculement démontre effectivement que le basculement est impossible avec une semi-remorque d'une telle longueur. Il en est de même, pour un chariot très léger, entrant dans une semi-remorque de 45 pieds ou plus.

- **Mesure de signalisation surévaluée**

La cote d'amélioration maximale théorique de la mesure de retenue de signalisation visuelle a été diminuée, elle est passée de [1, 0, 0] à [0.5, 0, 0] (respectivement, pour le départ inopiné, pour le glissement et pour le basculement).

Justification :
Partout ou la sécurité semble surévalué (face au départ inopiné), la signalisation donne souvent un point entier. Cette mesure a donc été dévaluée.

- **État des camions et semi-remorques ont une influence sur basculement** (question 10)

À l'origine, le niveau de sécurité relié au basculement n'était pas influencé par la question sur l'état des camions et semi-remorques. Dans cette nouvelle version, la question 10 a un impact sur le risque de basculement.

Justification :
Parfois un début de basculement peut se transformer en affaissement des béquilles, si elles sont trop faibles (état des camions) alors elles peuvent flancher d'elles même sans que les forces en cause pour le basculement soient très grandes. De plus, des béquilles en bon état permettraient à une semi-remorque de basculer partiellement puis de revenir à sa position de départ sans basculer totalement, bien que ce scénario soit hôte d'un incident, l'accident serait évité de justesse.

Dans cette phase de validation un certain nombre de modifications possible ont été rejeté, celles-ci ont été éventuellement jugées inutiles ou nuisible. Celles-ci ne sont pas discutées ici.